DK

BİLİM KİTABI

GÜNEŞ SİSTEMİNİN ÖTESİNDEKİ DÜNYALAR

DEOKSİRİBONÜKLEİK ASİT (DNA) İÇİN BİR YAPI ÖNERMEK İSTİYORUZ

HER GEZEGENİN YÖRÜNGESİ BİR ELİPSTİR

YILDIZ TOZUNDAN OLUŞURUZ

UZAYIN YARIÇAPI SIFIRDAN BAŞLADI

HAVANIN YAYINA DOKUNMAK

RADYASYON ELEMENTLERİN ATOMSAL BİR ÖZELLİĞİDİR

YENİ BİR DOĞA YASASI

HASTALIĞI TEDAVİ ETMEK İÇİN İNSANLARA GEN YERLEŞTİR

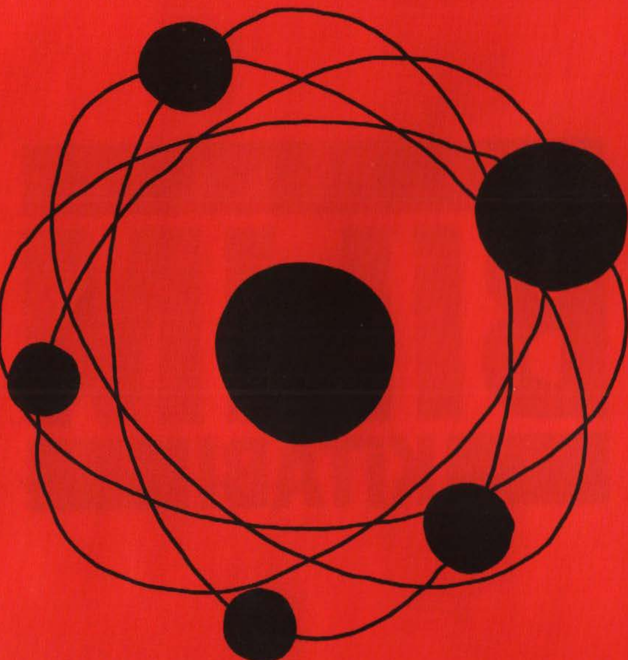
KUŞLAR İLE DİNOZORLAR ARASINDA EVRİMSEL BİR BAĞLANTI

BİR BİTKİNİN KÜTLESİ HAVADAN GELİR

EVREN BÜYÜKTÜR... VE DAHA DA BÜYÜYOR

BÜYÜK FİKİRLERİ KOLAYCA ANLAYIN

ALFA



BİLİM KİTABI

ALFA

ALFA®

Alfa Yayınları: 2632
Bilim: 75

BİLİM KİTABI

Orijinal Adı The Science Book
İngilizce Aslından Çeviren Ahmet Fethi Yıldırım

1. Basım: 2015
978-605-106-930-2

Sertifika No: 10905

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak

Proje Sanat Editörü Katie Cavanagh
Sanat Yönetmeni Phil Ormerod
Çizimler James Graham, Peter Liddiard
Baskıya Hazırlayan Behice Yağcı
Grafik Kâmuran Ok

Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi, Ticarethane Sokak No: 15 34410
Cağaloğlu, İstanbul/Türkiye
Tel: (0212) 511 53 03 - 513 87 51 - 512 30 46
Faks: (0212) 519 33 00

www.alfakitap.com info@alfakitap.com

China Leo Paper Products Ltd.

KATKIDA BULUNANLAR

ADAM HART-DAVIS, DANIŞMAN EDİTÖR

Adam Hart-Davis Oxford, York ve Kanada'da Alberta üniversitelerinde kimya eğitimi gördü. Beş yıl bilim kitapları editörlüğü yaptı ve 30 yıldır yapımcı ve sunucu olarak bilim, teknoloji, matematik ve tarihle ilgili televizyon ve radyo programları yapmaktadır. Bilim, teknoloji ve tarihle ilgili 30 kitap yazdı.

JOHN FARNDON

John Farndon kitapları dört kez Kraliyet Derneği genç bilim kitabı ödülüne ve Society of Authors Eğitim Ödülü'ne aday gösterilen bir bilim yazarıdır. Kitapları arasında *The Great Scientists* ve *The Oceans Atlas* var. DK's *Science* ve *Science Year by Year*'a yazılar yazdı.

DAN GREEN

Dan Green bir bilim yazarıdır. Cambridge Üniversitesinde Doğa Bilimleri dalında mastır yaptı ve 40'tan fazla kitap yazdı. 2013'te iki kitabı Kraliyet Derneği Gençlik Kitap Ödülüne aday gösterildi ve *Basher Science* dizisi 2 milyondan fazla sattı.

DEREK HARVEY

Derek Harvey evrimsel biyolojiye özel ilgi duyan bir doğa bilimcidir ve DK'in *Science* ve *The Natural History Book*'unu da kapsayan kitapların yazarıdır. Liverpool Üniversitesinde Zooloji okudu, bir biyolog kuşağına ders verdi ve Kosta Rıka'ya ve Madagaskar'a geziler düzenledi.

PENNY JOHNSON

Penny Johnson bilim öğretmeni, daha sonra okullara bilim kitapları üreten bir yayıncı olmadan önce havacılık mühendisi olarak işe başladı ve 10 yıl askeri uçaklarda çalıştı. Penny, 10 yılı aşkın bir süredir tam gün eğitim yazarlığı yapmaktadır.

DOUGLAS PALMER

Douglas Palmer, Cambridge'de üslenen bir bilim yazarıdır; son 14 yılda 20'den fazla kitap yayımladı –en son Londra'daki Natural History Museum [Doğa Tarihi Müzesi] için bir uygulama (NHM Evolution) ve çocuklar için DK's *WOW Dinosaur* kitabı. Ayrıca Cambridge Üniversitesi Sürekli Eğitim Enstitüsü'nde okutmandır.

STEVE PARKER

Steve Parker bilimde, özellikle biyoloji ve benzer yaşam bilimlerinde uzman 300'den fazla bilim kitabının yazarı ve editörüdür. Zooloji dalında yüksek lisans diploması vardır, Zoological Society of London'ın [Londra Zooloji Derneği] kıdemli bilim kurulu üyesidir ve çeşitli yaşlar ve yayıncılar için kitaplar yazdı. Steve sayısız ödül kazandı –en son 2013'te *Science Crazy* ile UK School Library Association [Birleşik Krallık Okul Kütüphaneleri Birliği] Bilgi Kitabı Ödülü.

GILES SPARROW

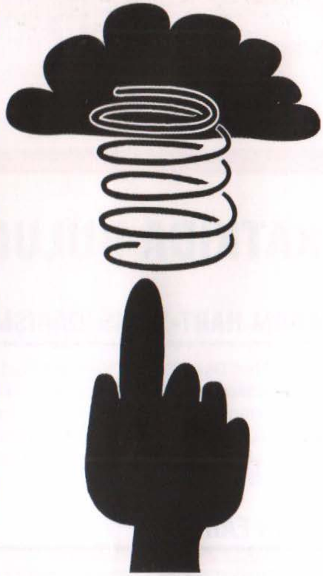
Giles Sparrow, University College London'da astronomi, Imperial College'de bilim iletişimi okudu, çok satan bir bilim ve astronomi yazarıdır. Kitapları *Cosmos, Spaceflight, The Universe in 100 Key Discoveries ve Physics in Minutes*'i kapsar, ayrıca *Universe* ve *Space* gibi DK kitaplarına yazılar yazdı.

İÇİNDEKİLER

BİLİMİN BAŞLANGICI MÖ 600– MS 1400

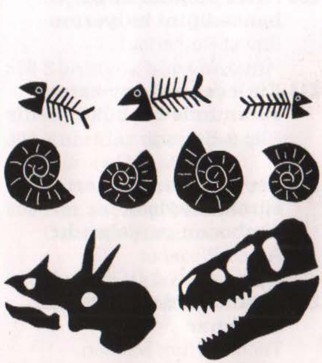


BİLİMSEL DEVRİM 1400–1700



GENİŞLEYEN UFUKLAR 1700–1800

İLERLEME YÜZYILI 1800–1900



BİR PARADİGMA DEĞİŞİKLİĞİ 1900–1945



TEMEL YAPI TAŞLARI
1945–GÜNÜMÜZ



GİRİŞ



Bilim, sürekli bir hakikat arayışıdır –Evrenin nasıl çalıştığını keşfetmek için en eski uygarlıklardan beri süre gelen bir mücadeledir. İtici gücünü insanın merakından alan bilim, akıl yürütmeye, gözleme ve deneye dayanmaktadır. Eski Yunan filozoflarının en ünlüsü olan Aristoteles bilimsel konularda yazılar yazdı ve sonradan gelen birçok çalışmanın temellerini attı. İyi bir doğa gözlemcisiydi; ama tamamen düşünceye ve muhakemeye dayandı, deney yapmadı. Bu nedenle birçok şeyi yanlış anladı. Örneğin büyük nesnelerin küçük nesnelerden daha hızlı düştüğünü ve bir nesnenin ağırlığı başka bir nesnenin iki katıysa, iki kat daha hızlı düşeceğini öne sürdü. Bu yanlış olmasına rağmen, İtalyan astronom Galileo Galilei 1590'da bu düşünceyi çürütene kadar hiç kimse ondan kuşkulanmadı. Bugün iyi bir bilim insanının ampirik kanıtlara yaslanması gerektiği aleni olabilir, ama her zaman öyle değildi.

Bilimsel yöntem

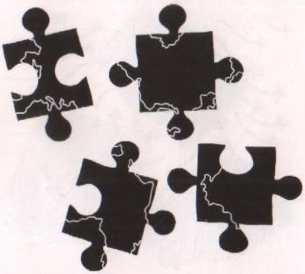
Bilimsel süreç için mantıksal bir sistemi, ilk kez 17. yüzyılın başında İngiliz filozof Francis Bacon öne sürdü. 600 yıl önce Arap bilim insanı İbnü'l-Heysem'in çalışmalarına dayanan ve çok geçmeden Fransız filozof René Descartes tarafından güçlendirilen Bacon'ın bilimsel yöntemi, bilim insanlarının gözlem yapmasını, olup biteni açıklayan bir teori oluşturmasını ve teorinin işe yarayıp yaramadığını görmek için bir deney gerçekleştirmesini gerektirir. Doğru gibi görünürse, sonuçlar akran değerlendirmesine gönderilebilir; burada, aynı ya da benzer alanlarda çalışan insanlar, yanlışları tek tek bulup çıkarmaya, böylece teoriyi çürütmeye ya da sonuçların doğru olduğundan emin olmak için deneyi tekrarlamaya davet edilir.

Test edilebilir bir hipotez öne sürmek ya da kestirimde bulunmak her zaman yararlıdır. 1682 kuyrukluyıldızını gözlemleyen İngiliz astronom Edmond Halley, 1531 ve 1607'de kayıtlara geçen kuyrukluyıldızlara benzediğini fark etti ve üçünün aynı nesle, Güneşin yörüngesinde olduğunu öne sürdü. 1758'de geri geleceğini öngördü ve son anda da olsa haklı çıktı – 25 Aralık günü fark edildi. Bugün o kuyrukluyıldız, Halley Kuyrukluyıldızı olarak biliniyor. Astronomlar deney yapamadıkları için, kanıtlar ancak gözlemle elde edilebilir.

> Bütün hakikatleri keşfettikten sonra anlamak kolaydır; mesele keşfetmektir.
> **Galileo Galilei**

Deneyler bir teoriyi test edebilir ya da tamamen spekülatif olabilir. Yeni Zelanda doğumlu fizikçi Ernest Rutherford, küçük sapmaları araştırmak için altın levhaya alfa parçacıkları ateşleyen öğrencilerini izlerken, kaynağın arkasına detektör koymalarını söyledi ve onları şaşırtırcasına, bazı alfa parçacıkları kâğıt kalınlığındaki levhadan sekti. Rutherford, bunun bir top mermisinin pelür kâğıdından sekmesi gibi bir şey olduğunu söyledi – ve bu, onu atomun yapısı konusunda yeni bir düşünceye götürdü.

Bilim insanı yeni bir mekanizma ya da teori önerirken sonuçla ilgili bir öngörüde bulunabilirse, deney daha da zorlu olur. Deney öngörülen sonuçları verirse, bilim insanı







teorisini destekleyen kanıtlara sahip olur. Yine de bilim, 20. yüzyıl bilim felsefecisi Karl Popper'ın işaret ettiği gibi, bir teorinin doğru olduğunu asla kanıtlayamaz, şeylerin yalnızca yanlışlığını kanıtlayabilir. Öngörülen yanıtları veren her deney destekleyici kanıttır; ama başarısız olan tek deney, bütün bir teoriyi çökertebilir.

Yer-merkezli Evren, dört vücut sıvısı, ateş-element flojiston ve esir denilen gizemli bir ortam gibi yüzyıllardır savunulan kavramların yanlışlığı kanıtlandı ve yerlerini yeni teoriler aldı. Bunlar da yalnızca teoridir ve çürütülebilir, birçok durumda destekleyici kanıtlara bakılırsa, ihtimal dışı olmasına rağmen.

Düşüncelerin ilerlemesi

Bilim nadiren sade, mantıksal adımlarla ilerler. Birbirinden bağımsız çalışan bilim insanları eşzamanlı keşifler yapabilirler; ama neredeyse her ilerleme, önceki çalışmalara ve teorilere bir ölçüde dayanır. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı, LHC, olarak bilinen devasa aygıtı yapmanın tek nedeni, 40 yıl önce, 1964'te varlığı öngörülen Higgs parçacığını aramaktı. Bu öngörü, atomun yapısına ilişkin Rutherford'a kadar geri giden on yılların teorik çalışmalarına ve Danimarkalı fizikçi Niels Bohr'un 1920'lerdeki çalışmasına dayanıyordu; bu çalışmalar da 1897'de elektronun keşfedilmesine, o da 1869'da katodun keşfine dayanmaktaydı. Vakum pompası ve 1799'da icat edilen pil olmasıydı bunların hiçbiri olamazdı – böylece zincir on yıllarca ve yüzyıllarca geriye gider. Büyük İngiliz fizikçi Isaac Newton'ın ünlü bir sözü vardır: "Daha uzağı gördümse, devlerin omuzlarında durduğum içindir." Öncelikle Galileo'yu kast ediyordu, ama İbnü'l-Heysem'in *Kitabü'l-Menazır*'ının bir kopyasını da görmüş olabilir.

İlk bilim insanları

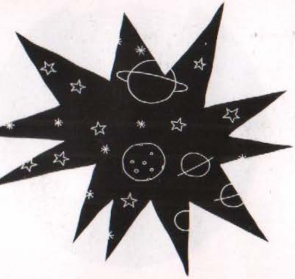
Bilimsel bir bakışı olan ilk filozoflar, MÖ 5. ve 6. yüzyıllarda eski Yunan dünyasında aktifti. Miletoslu Thales, MÖ 585'te bir Güneş tutulmasını öngördü; Pythagoras, 50 yıl sonra bugünkü Güney İtalya'da bir matematik okulu kurdu ve Ksenophanes, bir dağda deniz kabukları bulduktan sonra, bütün Yer'in bir zamanlar denizle kaplı olması gerektiği sonucuna vardı.

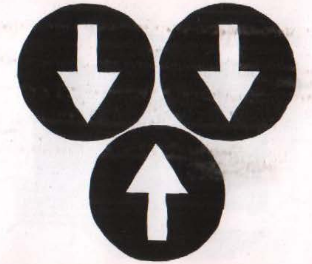
MÖ 4. yüzyılda Sicilya'da Empedokles, toprak, hava, ateş ve suyun "her şeyin dört kökü" olduğunu iddia etti. Taraftarlarını volkanik Etna Dağı'nın kraterine götürdü ve anlaşılan, ölümsüz olduğunu göstermek için, kraterin içine atladı – sonuç olarak onu bugün hatırlıyoruz.

Yıldız gözlemcileri

Bu arada Hindistan'da, Çin'de ve Akdeniz'de insanlar, gök cisimlerinin hareketlerini anlamaya çalışıyordu. Yıldız haritaları yaptılar – kısmen navigasyon yardımcı olsun diye; yıldızlara ve yıldız gruplarına ad verdiler. Birkaç yıldızın, "sabit yıldızlara" göre düzensiz bir yol izlediğini de fark ettiler. Yunanlar, bu gezici yıldızlara "gezegen" dedi. Çinliler, MÖ 240'ta Halley kuyrukluyıldızını ve 1054'te şimdi Yengeç Bulutsusu olarak bilinen bir süpernovayı fark ettiler.

> Gerçekten hakikatin peşindeyseniz, yaşamınızda en az bir kez her şeyden olabildiğince kuşku duymanız gerekir.
> **René Descartes**







Beytü'l-Hikmet
MS 8. yüzyılda Abbasi halifesi, yeni başkenti Bağdat'ta muhteşem bir kütüphane olan bilgelik evi Beytü'l-Hikme'yi açtı. Bu, İslam bilim ve teknolojisinin hızlı ilerlemesine ilham verdi. Yıldızların konumunu kullanan bir navigasyon aleti olan usturlabın yanı sıra, çok sayıda zekâ işi mekanik alet icat edildi. Simya gelişti ve damıtma gibi teknikler ortaya çıktı. Kütüphanedeki alimler Yunanistan'dan ve Hindistan'dan pek çok önemli kitabı toplayıp Arapçaya çevirdi; Batı, kadim eserleri bunların sayesinde daha sonra yeniden keşfetti, Hindistan'dan alınan Arap "rakamlarını" –sıfır dahil– öğrendi.

Modern bilimin doğuşu
Batı dünyasında Kilisenin bilimsel hakikat üzerindeki tekeli zayıflamaya başlarken, 1543 yılı çığır açıcı iki kitabın yayımlanmasına tanık oldu. Belçikalı anatomici Andreas Vesalius, insan cesetlerinde yaptığı diseksiyonları muhteşem görsellerle açıklayan *De Humani Corporis Fabrica*'yı çıkardı. Aynı yıl Polonyalı hekim Nicolaus Copernicus, Evrenin merkezinin Güneş olduğunu ifade edip, bin yıl önce İskenderiyeli Ptolemaios'un oluşturduğu Yer-merkezli modeli altüst eden De Revolutionibus *orbium Coelestium*'u yayımladı.

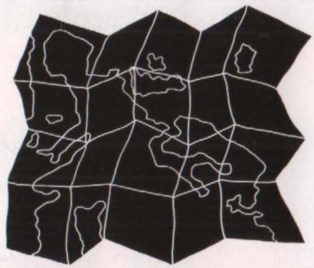
1600'de İngiliz hekim William Gilbert *De Magnete*'ye yayımladı; burada Yer'in kendisi bir mıknatıs olduğu için pusula ibresinin kuzeyi gösterdiğini açıkladı. Yerkürenin merkez çekirdeğinin demirden olduğunu bile öne sürdü. 1623'te başka bir İngiliz hekim, William Harvey, kalbin nasıl bir pompa gibi çalışıp kanı bütün vücuda ilettiğini ilk kez açıkladı ve böylece, 1400 yıl geriye, Yunan-Romalı hekim Galenos'a kadar geri giden önceki teorileri geçersizleştirdi. 1660'larda Anglo-İrlandalı kimyacı Robert Boyle, kimyasal bir elementi tanımladığı *The Sceptical Chymist* de aralarında olmak üzere bir dizi kitap çıkardı. Bu, kimyanın, mistik simyadan ayrı bir bilim olarak doğuşunun işaretiydi.

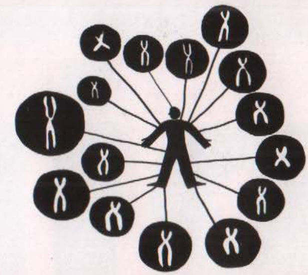
Bir süre Boyle'un asistanlığını yapan Robert Hooke, 1665'te ilk çok satan bilimsel eser *Micrographia*'yı çıkardı. Pire ve sinek gözü gibi konuların katlanıp açılır görselleri, daha önce hiç kimsenin görmediği mikroskobik bir dünyayı herkese açtı. Sonra 1687'de, birçok kişinin tüm zamanların en önemli bilim kitabı olarak gördüğü eser, Isaac Newton'ın kısaca *Principia* olarak bilinen Philosophiae *Naturalis Principia Mathematica*'sı geldi. Newton'ın hareket yasaları ve evresel çekim ilkesi klasik fiziğin temelini oluşturur.

Elementler, atomlar, evrim
18. yüzyılda Fransız kimyacı Antoine Lavoisier yanmada oksijenin rolünü keşfedip, eski flojiston teorisini itibarsızlaştırdı. Kısa sürede bir sürü yeni gaz ve özellikleri araştırıldı. Atmosferdeki gazlarla ilgili düşünce, İngiliz meteorolog John Dalton'ın her elementin benzersiz atomlardan oluştuğunu öne sürüp, atom ağırlıkları düşüncesini önermesine

> Deniz kenarında oynayan, arada bir daha düzgün bir çakıl bulup oyalanan bir çocuk gibiyim... oysa önümde büyük hakikat okyanusu keşfedilmemiş duruyor.
> **Isaac Newton**







yol açtı. Sonra Alman kimyacı August Kekulé moleküler yapının temelini geliştirirken, Rus mucit Dimitri Mendeleyev, ilk genel kabul gören periyodik tabloyu oluşturdu.

1799'da İtalya'da Alessandro Volta'nın elektrik bataryasını icat etmesi yeni bilim alanları açtı; Danimarkalı fizikçi Hans Christian Orsted ve İngiliz çağdaşı Michael Faraday bu alana girip, yeni elementler ve elektromanyetizmayı keşfetti ve bu da, elektrikli motorun icat edilmesine yol açtı. Bu arada, klasik fiziğin düşünceleri atmosfere, yıldızlara, ışığın hızına ve ısının doğasına uygulandı; bunlar da gelişip, termodinamik bilimine yol açtı.

Kaya tabakalarını inceleyen jeologlar Yer'in geçmişini yeniden inşa etmeye başladılar. Soyu tükenmiş yaratıkların kalıntıları çıkmaya başladıkça, paleontoloji moda oldu. Eğitimsiz İngiliz genç kız Mary Anning, dünyaca ünlü fosil kalıntı derleyicisi oldu. Dinozorlarla birlikte, en ünlüsü İngiliz doğa bilimci Charles Darwin'den olmak üzere evrim düşünceleri, yaşamın kökeni ve ekolojisi üzerine yeni teoriler geldi.

Belirsizlik ve sonsuzluk

Yirminci yüzyılın başında Albert Einstein adlı genç bir Alman kendi görelilik teorisini önerip, klasik fiziği sarstı ve mutlak zaman ve mekân düşüncesine son verdi. Yeni atom modelleri önerildi; ışığın hem bir parçacık hem bir dalga olarak hareket ettiği gösterildi; başka bir Alman, Werner Heisenberg, Evren'in belirsiz olduğunu gösterdi.

Bununla birlikte, son yüzyılın en etkileyici gelişmesi, teknik ilerlemelerin bilimin daha önce olduğundan daha hızlı ilerlemesini olanaklı kılması, artan bir kesinlikte birbirini izleyen düşünceler oldu. Daha güçlü parçacı çarpıştırıcıları, maddenin yeni temel birimlerini açığa çıkardı. Daha güçlü teleskoplar Evren'in genişlemekte olduğunu ve bir Büyük Patlamayla başladığını gösterdi. Kara delikler düşüncesi kök salmaya başladı. Anlaşılan, her neyseler kara madde ve kara enerji Evren'i dolduruyordu ve astronomlar yeni dünyalar –uzak yıldızların yörüngesinde, bazılarında yaşam bile olabilen gezegenler– keşfetmeye başladılar. İngiliz matematikçi Alan Turing evrensel hesap makinesini düşündü ve 50 yıl içinde kişisel bilgisayarlarımız, dünya çapında ağımız ve akıllı telefonlarımız oldu.

> Gerçeklik yalnızca bir yanılsamadır, ama çok inatçı bir yanılsama.
> **Albert Einstein**

Yaşamın sırları

Biyolojide, kromozomların kalıtımın temeli olduğu gösterildi ve DNA'nın kimyasal yapısının şifresi çözüldü. Bu durum 40 yıl sonra insan genom projesine yol açtı; göz korkutucu bir iş gibi görünüyordu, ama bilgisayar yardımıyla, ilerledikçe daha da hızlandı. DNA dizileme, artık neredeyse rutin bir laboratuvar işlemidir; gen terapisi umut olmaktan çıkıp, gerçekliğe dönüştü ve ilk memeli klonlandı.

Bugünün bilim insanları bu ve diğer başarıların üzerine başarı katarken, durmak bilmeyen hakikat arayışı devam ediyor. Öyle görünüyor ki, her zaman sorular yanıtlardan fazla olacak ve gelecekteki keşifler de kesinlikle şaşırtmaya devam edecek.

BİLİMİN
BAŞLAN

MÖ 600 — MS 1

GICI

400

MÖ 585
Miletoslu Thales, Halys [Kızılırmak] Savaşı'nın sona erdiren **Güneş tutulmasını** öngörür.

MÖ Y. 530
Pythagoras, bugün Güney İtalya'da bulunan Kroton'da bir **matematik okulu** kurar.

MÖ Y. 500
Ksenophanes dağlarda deniz kabukları bulur ve **bütün yeryüzünün bir zamanlar suyla kaplı olduğu** sonucuna varır

MÖ Y. 450
Empedokles Yer üzerindeki her şeyin **toprak, hava, ateş ve suyun** bileşimlerinden oluştuğunu ileri sürer

MÖ Y. 325
Aristoteles **fizik, biyoloji ve zoolojiyi** kapsayan konularda bir dizi kitap yazar.

MÖ Y. 300
Theophrastos *Enquiry into Plants ve The Causes of Plants*'ı yazıp, **botanik disiplini**ni kurar.

MÖ Y. 250
Samoslu Aristarkhos, **Evren'in merkezinin** Yer değil **Güneş olduğunu** ileri sürer.

MÖ Y. 240
Arşimet taşan **suyun kaldırma kuvvetini ölçerek** bir kralın tacının saf altından olmadığını keşfeder.

Dünyayı bilimsel incelemenin kökleri Mezopotamya'ya dayanır. Tarım ve yazı icat edildikten sonra insanlar inceleme yapmaya ayıracak zaman ve bu incelemelerin sonuçlarını gelecek kuşaklara aktarmanın aracını bulmuştu. Gece gökyüzünün uyandırdığı merak, ilk bilimin esin kaynağıydı. MÖ dördüncü binyıldan itibaren Sümer rahipler yıldızları inceleyip, sonuçlarını kil tabletlere kaydettiler. Kullandıkları yöntemlere ilişkin kayıt bırakmadılar; ama MÖ 1800'e tarihlenen bir tablet, dik açılı üçgenlerin özelliklerinin bilindiğini gösterir.

Antik Yunan

Antik Yunan bilimi felsefeden ayrı bir konu olarak görmüyorlardı; ama eseri fark edilir ölçüde bilimsel olan ilk şahsiyet olasılıkla Miletoslu Thales'ti; Platon'un dediğine göre, hayal kurmaya ve yıldızlara bakmaya o kadar zaman harcıyordu ki, bir keresinde bir kuyuya düştü. Thales, olasılıkla daha önceki Babillilerden gelen verileri kullanarak bir güneş tutulmasını önceden bilip, bilimsel bir yaklaşımın gücünü gösterdi.

Antik Yunan bir tek ülke değildi, daha çok gevşek bir kent-devletleri koleksiyonuydu. Miletos (bugünkü Türkiye'de) birçok ünlü filozofun doğum yeriydi. Diğer birçok erken Yunan filozofu da Atina'da öğrenim gördü. Burada Aristoteles keskin bir gözlemciydi, ama deney yapmadı; yeterince zeki insanları bir araya getirebilse, hakikatin ortaya çıkacağına inanıyordu. Sicilya adası Syrakusa'da yaşayan Arşimet akışkanların özelliklerini araştırdı. MÖ 331'de Büyük İskender'in Nil'in ağzında kurduğu İskenderiye'de yeni bir öğrenim merkezi gelişti. Burada Eratosthenes Yer'in büyüklüğünü ölçtü, Ktesibios doğru çalışan saatler yaptı ve Heron buhar makinesini icat etti. Bu arada İskenderiye'deki kütüphaneciler bulabildikleri en iyi kitapları toplayıp dünyadaki en iyi kütüphaneyi kurdular; Romalılar ve Hıristiyanlar kente ele geçirince kütüphaneyi yaktılar.

Asya'da bilim

Bilim Çin'de ayrı olarak gelişti. Çinliler barutu –ve barutla birlikte havai fişek, roket ve top– icat ettiler ve metal işlemek için körük yaptılar. İlk sismografı ve ilk pusulayı icat ettiler. MS 1054'te Çinli astronomlar, 1731'de Yengeç

MÖ Y. 240
Arşimet'in arkadaşı Erastosthenes, bir yaz gününün gün ortasında Güneş gölgelerinden **Yer'in çevresini** hesaplar.

MÖ Y. 230
Ktesibios, yüzyıllarca dünyadaki en doğru saat olarak kalan klepsydra'yı **–su saati–** yapar.

MÖ Y. 130
Hipparkhos **Yerin yörüngesinin yalpalamasını** keşfeder ve Batı dünyasının ilk yıldız katalogunu derler.

MS Y. 120
Çin'de Zhang Heng tutulmaların doğasını tartışır ve **2500 yıldızlık bir katalog** hazırlar.

MS Y. 150
Ptolemaios'un *Almagest*'i birçok yanlış içermesine rağmen, Batıda **astronomi konusunda yetkin metin** haline gelir.

628
Hindistanlı matematikçi Brahmagupta, **sıfır sayısını** kullanmanın ilk kurallarını ana hatlarıyla çizer.

964
İranlı astronom Abdurrahman es-Sufi, *Almagest*'i güncelleştirir ve **birçok yıldıza bugün kullanılan Arapça adlar verir.**

1021
İlk deneysel bilim insanlarından biri olan İbnü'l-Heysem, **görme ve optik** konusunda özgün araştırmalar yapar.

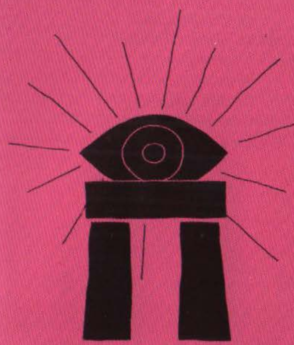
Bulutsusu olarak tanımlanan bir süpernova gözlemledi.

MS birinci binyılda, çıkrık da dahil olmak üzere, en ileri teknolojinin bir kısmı Hindistan'da geliştirildi ve Çinli heyetler, Hint tarım tekniklerini öğrenmeye gönderildi. Hindistanlı matematikçiler, negatif sayılar ve sıfır da dahil, şimdi "Arap" sayı sistemi dediğimiz sistemi geliştirdiler; trigonometrik sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının tanımlarını verdiler.

İslamın altın çağı

8. yüzyılın ortasında Müslüman Abbasi halifeliği imparatorluğun başkentini Şam'dan Bağdat'a taşıdı. Kuran'ın "Bir alimin mürekkebi bir şehidin kanından daha mübarektir" sloganını rehber alan Halife Harun Reşid, yeni başkentinde bir kütüphane ve araştırma merkezi olmasını istediği Beytü'l-Hikme'yi kurdu. Alimler eski Yunan kent-devletlerinden ve Hindistan'dan kitaplar toplayıp, Arapçaya çevirdiler. Kadim metinlerin birçoğu, ortaçağda bunlardan büyük ölçüde habersiz olan Batıya bu şekilde ulaşacaktı. 9. yüzyılın ortasında Bağdat'taki kütüphane, büyüyüp İskenderiye'deki kütüphanenin yerini almıştı.

Beytü'l-Hikme'den ilham alanlar arasında bir çok astronom vardı; Hipparkhos ve Ptolemaios'un çalışmalarını geliştiren es-Sufi bunlardan biriydi. Astronominin Arap göçebeler için, develerini gece çölden geçirirken yön bulmak bakımından pratik bir yararı vardı. Basra'da doğan ve Bağdat'ta eğitim gören İbnü'l-Heysem ilk deneysel bilim insanlarından biriydi ve optik üzerine kitabı, önemi bakımından Isaac Newton'ın eserine benzetilmiştir. Arap simyacılar damıtma ve başka yeni teknikler geliştirerek alkali, aldehit ve alkol gibi sözcükler icat ettiler. Hekim er-Razi sabunu tanıttı, ilk kez çiçek hastalığı ile kızamığı ayırt etti ve bir kitabında "Hekimin amacı iyi olmaktır, düşmanlarımıza bile" diye yazdı. El-Harizmi ve diğer matematikçiler cebir ve algoritmayı icat etti; mühendis Cezeri, bisikletlerde ve arabalarda hâlâ kullanılan krank kolu sistemini icat etti. Avrupalı bilim insanlarının bu gelişmeleri yakalaması birkaç yüzyılı alacaktı. ■



GÜNEŞ TUTULMASI ÖNGÖRÜLEBİLİR

MİLETOSLU TALES (MÖ 624–546)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
MÖ y. 2000 Avrupa'da Stonehenge gibi anıtlar tutulmaları hesaplamak için kullanılmış olabilir.

MÖ y. 1800 Antik Babil'de astronomlar, gök cisimlerinin hareketine ilişkin ilk matematiksel tasvirleri kayda geçirir.

MÖ 2. binyıl Babilli astronomlar tutulmaları öngörme yöntemleri geliştirir, ama bunlar matematiksel döngülere değil Ay gözlemlerine dayanır.

SONRA
MÖ y. 140 Yunan astronom Hipparkhos, ay ve Güneş hareketlerinin Saros döngüsünü kullanarak tutulmaları öngören bir sistem geliştirir.

Küçük Asya'da bir Yunan kolonisinde doğan Miletoslu Thales, genellikle Batı felsefesinin kurucusu olarak görülür; ama bilimin erken gelişiminde de kilit bir şahsiyetti. Kendi zamanında matematik, fizik ve astronomi üzerine düşünceleriyle tanınırdı.

Thales'in en ünlü başarısı, herhalde, aynı zamanda en tartışmalı olanıdır. Olaydan yüzyılı aşkın bir süre sonra yazan Yunan tarihçi Herodotos'a göre Thales'in, Lydyalılar ile Medler arasındaki bir savaşı bitiren ve bugün MÖ 28 Mayıs 585'e tarihlenen bir Güneş tutulmasını öngördüğü söylenir.

> ...gündüz gece oldu ve bu ışık tutulmasını Miletoslu Thales önceden bildirmişti...
> **Herodotos**

Tartışmalı tarih

Thales'in başarısı birkaç yüzyıl tekrarlanmayacaktı ve bilim tarihçileri bunu nasıl başardığı, hatta başarıp başarmadığını uzun süredir tartışmaktadır. Bazılarına göre Herodotos'un anlatımı hatalı ve muğlâktır; ama Thales'in becerisi yaygın bir biçimde biliniyormuş gibi görünüyor ve Herodotos'un sözlerini ihtiyatla ele almayı bilen sonraki yazarlar tarafından bir gerçek olarak kabul edildi. Doğruysa, Thales'in Ay ve Güneş'in hareketlerinde Saros döngüsü olarak bilinen ve daha sonra Yunan astronomların tutulmaları öngörmek için kullandığı 18 yıllık bir döngü keşfetmiş olması olasıdır.

Hangi yöntemi kullanmış olursa olsun, bugün Türkiye sınırları içinde bulunan Kızılırmak kıyısındaki muharebenin üzerinde Thales'in öngörüsünün dramatik bir etkisi oldu. Tutulma yalnızca muharebeye son vermekle kalmadı, Medler ile Lidyalılar arasında 15 yıldır süren bir savaşı da bitirdi. ■

Ayrıca bkz. Zhang Heng 26–27 ▪ Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41 ▪ Jeremiah Horrocks 52



ŞİMDİ HER ŞEYİN DÖRT KÖKÜNÜ İŞİTİN

EMPEDOKLES (MÖ 490–430)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
MÖ y. 585 Thales bütün dünyanın sudan yapıldığını öne sürer.

MÖ y. 535 Anaksimenes her şeyin, suyun ve taşın da kaynağı olan havadan oluştuğunu düşünür.

SONRA
MÖ y. 400 Yunan düşünür Demokritos, dünyanın nihayetinde bölünmez küçük parçacıklardan –atomlar– oluştuğunu söyler.

1661 *Sceptical Chymist*, eserinde Robert Boyle, bir element tanımı verir.

1808 John Dalton'ın atom teorisi, her elementin kütleleri farklı atomlara sahip olduğunu ifade eder.

1869 Dimitri Mendeleyev elementleri ortak özelliklerine göre gruplar halinde düzenleyen bir periyodik tablo önerir.

Maddenin doğası, birçok antik Yunan düşünürü ilgilendirmiştir. Sıvı suyu, katı buzu ve gazlı sisi gören Miletoslu Thales, her şeyin sudan yapılmış olması gerektiğine inandı. Aristoteles'e göre "bütün şeylerin besini nemdir ve sıcak bile, ıslaktan yaratılmıştır ve ıslakla yaşar." Thales'ten iki kuşak sonra yazan Anaksimenes dünyanın havadan meydana geldiğini öne sürdü: Hava yoğunlaşınca sis, sonra yağmur ve en sonunda da taş üretir.

Sicilya adasında Akragas'ta [Agrigento] doğan Empedokles daha karmaşık bir teori geliştirdi: Her şey dört kökten –element sözcüğünü kullanmadı– oluşur, yani toprak, hava, ateş ve su. Bu köklerin birleşmesi sıcaklık ve ıslaklık gibi nitelikler üretip toprağı, taşı, bütün bitki ve hayvanları meydana getirir. Başlangıçta dört kök, merkezcil kuvvet sevginin bir arada tuttuğu kusursuz bir küre oluşturmaktaydı. Ama zaman içinde kavga, merkezcil kuvvet, kökleri ayırmaya başladı. Empedokles'e göre sevgi ve kavga evreni şekillendiren iki kuvvettir. Bu dünyada kavga ağır basma eğilimindedir; hayatın bu kadar zor olmasının nedeni budur.

Bu görece basit teori, 17. yüzyılda modern kimya gelişene kadar, çok az düzeltmeyle Avrupa düşüncesine –"dört vücut sıvısı"na işaret eden– egemen oldu. ■

Empedokles maddenin dört kökünü iki karşıt çift olarak görür: birleşip gördüğümüz her şeyi meydana getiren ateş/su ve hava/toprak.



Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Dimitri Mendeleyev 174–79



YER'İN ÇEVRESİNİ ÖLÇMEK

ERATOSTHENES (MÖ 276–194)

KISACA

BİLİM DALI
Coğrafya

ÖNCE

MÖ 6. yüzyıl Yunan matematikçi Pythagoras, Yer'in düz değil küre şeklinde olabileceğini öne sürer.

MÖ 3. yüzyıl Samoslu Aristarkhos, bilinen Evren'in merkezine Güneş'i yerleştiren ilk kişidir; Güneş'in ve Ay'ın göreli büyüklüklerini ve Yer'den uzaklıklarını hesaplamak için trigonometrik bir yöntem kullanır.

MÖ 3. yüzyıl sonu Eratosthenes haritalarına paralelleri ve meridyenleri (modern enlem ve boylamların eşdeğeri) sokar.

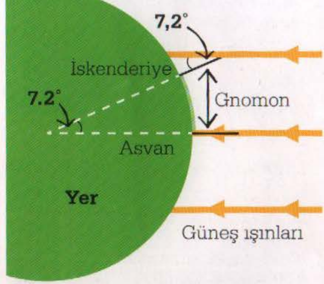
SONRA

18. yüzyıl Fransız ve İspanyol bilim insanlarının muazzam çabaları sonucu Yer'in gerçek çevresi ve şekli anlaşıldı.

Yunan astronom ve matematikçi Eratosthenes Yer'in büyüklüğünü ölçen ilk kişi olarak hatırlanır; ama coğrafyanın kurucusu da sayılır –coğrafya sözcüğünü uydurmanın yanı sıra, gezegenimizdeki konumları ölçmek için kullanılan temel ilkelerin çoğunu da saptadı. Kirene'de (bugünkü Libya'da) doğan Eratosthenes Yunan dünyasının çoğunu dolaştı, Atina'da ve İskenderiye'de öğrenim gördü, sonunda İskenderiye'nin Büyük Kütüphanesinin kütüphanecisi oldu.

Eratosthenes İskenderiye'deyken, İskenderiye'nin güneyindeki Asvan kasabasında, yaz gündönümünde (Güneş'in gökyüzünde en yüksek noktaya çıktığı yılın en uzun günü) Güneş'in doğrudan tepeden geldiğini duydu. Güneş'in, Işınları Yer'e çarptığında birbirine neredeyse paralel olacak kadar uzak olduğunu varsayarak, Güneş'in aynı anda İskenderiye'deki gölgesini yansıtmak için dikey bir çubuk ya da "gnomon" kullandı. Güneş'in, zenitin 7,2° –bir çemberin çevresinin 1/50'si– güneyinde olduğunu belirledi. Bu nedenle, bir kuzey-güney meridyeni boyunca iki kentin arasındaki mesafe Yer'in çevresinin 1/50'si olmalıdır, diye düşündü. Bu, gezegenimizin çevresini 230.000 stadyum, yani 39.690 kilometre olarak hesaplamasına olanak verdi – yanılma payı yüzde 2'den az. ■

Güneş ışığı Asvan'a dik açıyla ulaşıyor, ama İskenderiye'de bir gölge oluşturuyordu. Gnomon'un [güneş saati çubuğu] oluşturduğu gölgenin açısı, Eratosthenes'in Yer'in çevresini hesaplamasına olanak verdi.



Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41



İNSAN AŞAĞI VARLIKLARLA BAĞLANTILIDIR

NASREDDİN TUSİ (1201–1274)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ y. 550 Miletoslu Anaksimender hayvan yaşamının suda başladığını ve oradan geliştiğini söyler.

MÖ y. 340 Platon'un biçimler teorisi, türlerin değiştirilemez olduğunu savunur.

MÖ y. 300 Epikuros, geçmişte çok sayıda başka türün yaratıldığını, ama yalnızca en başarılı olanların hayatta kalıp döl verdiğini söyler.

SONRA
1377 İbn Haldun *Mukaddime*'de insanların maymunlardan geliştiğini yazar.

1809 Jean-Baptiste Lamarck, türlerin evrimine ilişkin bir teori önerir.

1858 Alfred Russel Wallace ve Charles Darwin, doğal seçilim yoluyla evrim teorisini öne sürer.

1201'de, İslamın Altın Çağında Bağdat'ta doğan İranlı alim Nasıreddin Tusi şair, filozof, matematikçi ve astronomdu; bir evrim sistemi öneren ilklerden biriydi. Evren'in bir zamanlar özdeş öğelerden oluştuğunu, sonra bunların kademeli olarak farklılaşıp bazılarının mineral haline geldiğini, bazılarının ise daha hızlı değişerek bitkilere ve hayvanlara dönüştüğünü öne sürdü.

Tusi'nin etik üzerine eseri *Ahlak-ı Nasırı*'de bir yaşam formları hiyerarşisi kurdu; burada hayvanlar bitkilerden, insanlar da diğer hayvanlardan üstündü. Hayvanların bilinçli iradesini insan bilincine doğru bir adım olarak gördü. Hayvanlar yiyecek aramak için bilinçli hareket edebilir ve yeni şeyler öğrenebilirler. Tusi bu öğrenme yeteneğinde, akıl yürütme yeteneğini gördü: "Eğitilmiş at ya da avcı şahin, hayvan dünyasında gelişmenin daha yüksek bir noktasındadır" dedikten sonra, "İnsan kusursuzluğunun ilk adımları buradan başlar" diye ekliyordu.

> Yeni özellikleri daha hızlı kazanabilen organizmalar daha değişkendir. Bu yüzden, diğer yaratıklar karşısında avantaj kazanırlar.
> **Al-Tusi**

Tusi organizmaların zaman içinde değiştiğine inandı ve bu değişimde, kusursuzluğa doğru bir ilerleme gördü. İnsanları "evrim merdiveninin orta basamağında," kendi iradesiyle daha yüksek bir gelişme düzeyine potansiyel olarak ulaşabilir olduğunu düşündü. Yalnızca organizmaların zaman içinde değiştiğini değil, bütün yaşam yelpazesinin hiçbir yaşamın olmadığı bir zamandan itibaren evrildiğini de öne süren ilk kişiydi. ■

Ayrıca bkz. Carl Linnaeus 74–75 ▪ Jean-Baptiste Lamarck 118 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Barbara McClintock 271



YÜZEN BİR NESNE SIVIDA HACMİ KADAR YER KAPLAR

ARŞİMET (MÖ 287–212)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
MÖ 3. binyıl Tesviyeciler metalleri eritip birbirine karıştırmanın, özgün metallerin her birinden daha güçlü bir alaşım ürettiğini keşfederler.

MÖ 600 Antik Yunan'da sikkeler, altın ile gümüşün elektrum denilen bir alaşımından yapılır.

SONRA
1687 *Principia Mathematica*'da Isaac Newton kütleçekim teorisinin ana hatlarını çizer ve her şeyi Yer'in merkezine doğru çeken –karşılıklı– bir kuvvetin nasıl var olduğunu açıklar.

1738 İsviçreli matematikçi Daniel Bernoulli akışkanların kinetik teorisini geliştirir ve akışkanların, akışkandaki moleküllerin rastgele hareketiyle nesnelere nasıl basınç uyguladığını açıklar.

MÖ 1. yüzyılda yazan Romalı yazar Vitruvius, iki yüzyıl önce gerçekleşen bir olayın olasılıkla uydurma bir öyküsünü anlatır. Sicilya Kralı II. Hieron yeni bir altın taç buyurmuştu. Taç teslim edilince, Hieron tacı yapanın bir miktar altın yerine gümüş kullandığından kuşkulandı; gümüş altınla birlikte eritilince rengi saf altın gibi görünüyordu. Kral, baş bilgini Arşimet'ten işin aslını araştırmasını istedi.

Arşimet sorunu çözmeye koyuldu. Yeni taç değerliydi ve hiçbir şekilde zarar verilmemeliydi. Meseleyi enine boyuna düşünmek

Gümüşün yoğunluğu altınınkinden azdır; bu yüzden bir topak gümüşün **hacmi,** aynı ağırlıkta bir topak altının hacminden **büyüktür.**

→

Kısmen gümüşten yapılan bir tacın, taçla aynı ağırlıkta bir topak altından daha büyük bir hacmi olur ve **daha fazla su taşırır.**

↓

Taşan su bir yükselmeye neden olur. Kısmen gümüş taç, altından **daha büyük bir yükselme** yaşar.

←

İkisi arasındaki **yükselme farkı** küçüktür, ama suda dengede asılı tutarsanız **fark edilebilir.**

↓

Eureka!

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Isaac Newton 62–69

için Syrakusa'da hamama gitti. Kurna ağzına kadar doluydu ve içine girince iki şey fark etti: Birincisi su seviyesi yükseldi ve bir miktar su taştı; ikincisi kendisini daha hafif hissetti. "Eureka!" (Yanıtı buldum!) diye bağırdı ve çırılçıplak eve koştu.

Hacmi ölçmek

Arşimet, ağzına kadar su dolu bir kovaya tacı batırırsa bir miktar suyu –tam olarak tacın hacmi kadar– taşıracağını anlamıştı ve ne kadar su taştığını ölçebilirdi. Taşan suyun hacmi, ona tacın hacmini verecekti. Gümüşün yoğunluğu altından azdır; bu yüzden aynı ağırlıkta gümüş bir taç altın bir taçtan daha büyük olur ve daha fazla su taşırır. Bu nedenle, katkılı bir taç saf altından bir taçtan –ve aynı ağırlıkta bir topak altından– daha fazla su taşırır. Pratikte fark çok küçük ve ölçülmesi zor olurdu. Ama Arşimet, sıvıya batırılan bir nesnenin, taşırdığı sıvının ağırlığına eşit bir yükselme (kaldırma kuvveti) yaşadığını da anlamıştı.

Arşimet herhalde sorunu şöyle çözdü: Tacı ve eşit ağırlıkta saf altını bir sopanın iki ucuna astı, iki ağırlık dengede olacak şekilde ortasından asılı tuttu. Sonra bütün düzeneği bir su teknesine indirdi. Taç saf altınsa, taç ile altın topak eşit yükselecek ve sopa düz duracaktı. Tacın içinde bir miktar gümüş varsa, tacın hacmi altın topağın hacminden büyük olacak – taç daha fazla su taşıracak– ve sopa belirgin bir biçimde eğilecekti.

Arşimet'in bu düşüncesi, Arşimet ilkesi olarak anıldı; buna göre, bir sıvıdaki bir nesneyi kaldıran kuvvet, nesnenin taşırdığı sıvının ağırlığına eşittir. Bu ilke, yoğun malzemeden yapılan nesnelerin suda nasıl yüzebildiğini açıklar. Bir ton ağırlığında çelik bir gemi, bir ton su taşırana kadar batar; ondan sonra daha fazla batmaz. Derin, içi boş karinasının daha büyük bir hacmi vardır ve aynı ağırlıkta çelik topağından daha fazla su taşırır; bu nedenle daha büyük bir kuvvetle yüzer durumda tutulur.

> Bir sıvıdan daha ağır bir katı, sıvının içine konulursa, dibe iner ve katı, sıvının içindeyken tartılırsa, taşan sıvının ağırlığı kadar hafifler.
> **Arşimet**

Vitruvius'un bize anlattığına göre, Hieron'un tacının gerçekten de bir miktar gümüş içerdiği anlaşıldı ve tacı yapana hak ettiği ceza verildi. ▪

Arşimet



Arşimet herhalde eski dünyanın en büyük matematikçisiydi. MÖ 287 civarında doğdu; MÖ 212'de Romalılar Syrakusa'yı ele geçirince, bir asker tarafından öldürüldü. Syrakusa'ya saldıran Romalıları uzak tutmak için birçok korkunç silah geliştirmişti –bir mancınık, suyun dışında bir geminin pruvasını kaldırmak için bir vinç, Güneş ışınlarını bir gemiye odaklayıp yakmak için ölüm aynaları. Mısır'dayken, bugün sulamada hâlâ kullanılan Arşimet burgusunu icat etmiş olabilir. Arşimet yaklaşık bir pi sayısı (bir çemberin çevresinin çapına oranı) da hesapladı; kaldıraçların ve makaraların yasalarını yazdı. Arşimet'in en fazla gurur duyduğu başarı, verili bir kürenin içine sığabileceği en küçük silindirin, kürenin hacminin tam olarak 1,5 katı olduğunu matematiksel olarak kanıtlamasıydı. Arşimet'in mezar taşına bir küre ile bir silindir kazılıdır.

Önemli eserleri

MÖ Y. 250 *On Floating Bodies (Yüzen Cisimler Üzerine)*



GÜNEŞ ATEŞ, AY SU GİBİDİR

ZHANG HENG (MS 78–139)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
MÖ 140 Hipparkhos tutulmaları öngörmenin yolunu buluyor.

MS 150 Ptolemaios Hipparkhos'un çalışmalarını geliştirir ve gök cisimlerinin gelecekteki konumlarını hesaplamak için pratik cetveller çıkarır.

SONRA
11. yüzyıl Shen Kuo *Rüya Havuzu Denemeleri*'ni yazar; burada Ay'ın büyümesinden ve küçülmesinden yararlanarak, bütün gök cisimlerinin küre şeklinde (Yer hariç) olduğunu gösterir.

1543 Nicolaus Copernicus *Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine*'yi yayımlar: burada gün-merkezli bir sistem tasvir eder.

1609 Johannes Kepler gezegenlerin hareketini, elips şeklinde boşlukta dolaşan cisimler olarak açıklar.

Gündüz Yer, **Güneş ışığından ötürü** gölgelidir, **parlaktır**.

↓

Ay bazen **parlaktır, gölgelidir.**

↓

Ay, **Güneş ışığından** ötürü **parlak** olmalıdır.

↓

Bu yüzden Güneş ateş, Ay su gibidir.

MÖ 140 civarında, olasılıkla antik dünyanın en iyi astronomi olan Yunan astronom Hipparkhos, 850 kadar yıldızdan oluşan bir katalog hazırladı. Güneş'in ve Ay'ın hareketlerini ve tutulmaların tarihini öngörmenin yolunu da açıkladı. MS 150 civarında İskenderiyeli Ptolemaios eseri *Almagest*'te 1000 yıldız ve 42 takımyıldız listeledi. Bu eserin büyük bölümü, Hipparkhos'un yazdıklarının güncellenmiş bir versiyonuydu; ama daha kullanışlı bir biçimde. Batıda *Almagest*, ortaçağ boyunca standart astronomi metni oldu. Cetvelleri, Güneş'in ve Ay'ın, gezegenlerin ve önemli yıldızların gelecekteki konumlarını, hatta ay ve Güneş tutulmalarını hesaplamak için gerekli bütün bilgileri kapsamaktaydı.

MS 120'de Çinli bilge Zhang Heng *Ling Xian*, yani *Evrenin Ruhsal Bünyesi* başlıklı bir eser çıkardı. Bu eserde "Gök bir tavuğun yumurtasına benzer ve bir arbalet topu gibi yuvarlaktır; *Yer* ise bir yumurtanın sarısı gibidir, merkezde tek başına yatar. Gök büyüktür, Yer küçük" diyordu. Bu, Hipparkhos ve Ptolemaios'ta

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41 ▪ Isaac Newton 62–69

> Ay ve gezegenler Yin'dir; şekilleri vardır, ama ışıkları yoktur.
> **Jing Fang**

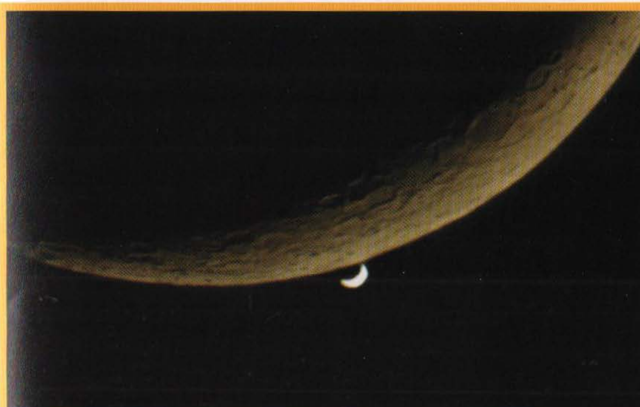
olduğu gibi, merkezinde Yer olan bir Evren'di. Zhang 2.500 "parlak" yıldız ve 124 takımyıldız katalogladı; "çok küçük yıldızlardan 11.520 tane var" diye ekledi.

Ay ve gezegen tutulmaları

Zhang tutulmalara hayrandı. Şöyle yazmış: "Güneş ateş gibidir ve Ay da su gibi. Ateş ışık saçar, su ışığı yansıtır. Bu yüzden Ay'ın parlaklığı güneşin ışımasından kaynaklanır ve Ay'ın karanlığı, güneşin ışığının engellenmesi nedeniyledir. Güneş'e bakan taraf tamamen aydınlıktır, uzak olan taraf ise karanlıktır." Zhang, araya Yer girdiği için Güneş ışığının aya ulaşamadığı bir ay tutulmasını da tarif etti. Gezegenlerin de "su gibi" ışığı yansıttığını, bu yüzden onların da tutulduklarını anladı: Benzer bir etki "bir gezegende de olunca, buna örtünme diyoruz; Ay, Güneş'in yolundan geçince, o zaman Güneş tutulması olur."

11. yüzyılda başka bir Çinli astronom, Shen Kuo, Zhang'ın çalışmasını önemli bir konuda genişletti. Ay'ın büyümesine ve küçülmesine ilişkin gözlemleriyle gök cisimlerinin küre şeklinde olduğunu kanıtladı. ▪

Hilal şeklinde Venüs, ay tarafından örtülmek üzeredir. Zhang'ın gözlemleri, ay gibi gezegenlerin de kendi başına ışık üretmedikleri sonucuna varmasına yol açtı.





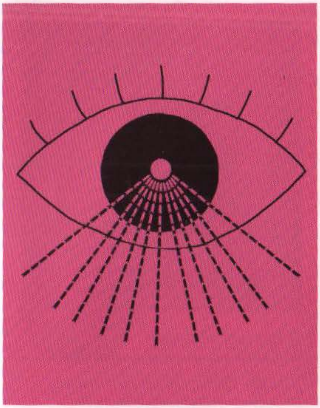
Zhang Heng

Zhang Heng, Han Hanedanı döneminde şimdi Henan eyaleti denilen yörede Xie kasabasında MS 78'de doğdu. 17 yaşında edebiyat okumak ve yazar olmak için evden ayrıldı. Zhang yirmili yaşlarının sonunda yetenekli bir matematikçi oldu ve İmparator An-ti'nin sarayına çağrıldı; MS 115'te İmparatorun baş astrologu olarak atandı.

Zhang, bilimde hızlı ilerlemelerin olduğun bir zamanda yaşadı. Astronomiyle ilgili çalışmalarının yanı sıra, suyla çalışan halkalı bir küre (gök cisimlerinin bir modeli) yaptı ve MS 138'de 400 kilometre uzaktaki bir depremi başarılı bir biçimde kaydedene kadar dalga geçilen dünyanın ilk sismometresini icat etti. Taşıtla geçilen uzaklıkları ölçmek için ilk yol sayacını ve at arabası biçiminde, manyetik olmayan ve güneyi gösterin bir pusula da icat etti. Zhang, zamanın kültürel yaşamına ilişkin canlı içgörüler sunan saygın bir şairdi.

Önemli eserleri

MS y.120 *Evrenin Ruhsal Bünyesi*
MS y.120 *Ling Xian'ın Haritası*



IŞIK DÜZ ÇİZGİLER HALİNDE GÖZÜMÜZE GİRER

İBNÜ'L-HEYSEM (y.965–1040)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
MÖ 350 Aristoteles, görmenin bir nesneden göze giren fiziksel formlardan kaynaklandığını savunur.

MÖ 300 Öklit, gözün sekip göze geri gelen ışınlar gönderdiğini savunur.

980'ler Ebu Sehl ışığın kırılımını araştırır ve kırılım yasalarını türetir.

SONRA
1240 İngiliz piskopos Robert Grosseteste, optik deneylerinde geometriyi kullanır ve rengin doğasını doğru bir biçimde tarif eder.

1604 Johannes Kepler'in retinal görüntü teorisi, doğrudan İbnü'l-Heysem'in eserine dayanır.

1620'ler İbnü'l-Heysem'in düşünceleri, deneye dayalı bilimsel bir yöntemi savunan Francis Bacon'ı etkiler.

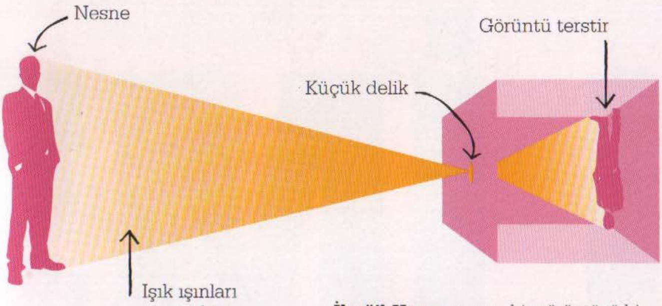


Arap astronom ve matematikçi İbnü'l-Heysem İslam uygarlığının Altın Çağında Bağdat'ta yaşadı ve dünyanın ilk deneysel bilim insanıydı. Daha önceki Yunan ve İranlı düşünürler doğal dünyayı çeşitli biçimlerde açıklarken, vardıkları sonuçlara fiziksel deneylerle değil, soyut akıl yürütmeyle ulaşmışlardı. Gelişen bir İslami merak ve araştırma kültürü içinde çalışan İbnü'l-Heysem, şimdi bilimsel dediğimiz yöntemi kullanan ilk kişiydi: Hipotezler öne sürmek ve bunları yöntemli bir biçimde deneylerle test etmek. Onun da gözlemlediği gibi: "Hakikati arayan kişi, eskilerin yazdıkların okuyan ve... onlara itimat eden kişi değil, aksine onlara olan inancından şüphe duyan ve onlardan aldıklarını sorgulayan kişidir, muhakemeye ve ispata teslim olan kişidir."

Görmeyi anlamak

İbnü'l-Heysem, bugün optik biliminin kurucusu olarak hatırlanır. En önemli eserleri gözün yapısına ve görme sürecine ilişkin incelemelerdi. Yunan bilginler Öklit ve daha sonra Ptolemaios, görmenin gözden çıkan ve kişinin

Ayrıca bkz. Johannes Kepler 40–41 ▪ Francis Bacon 45 ▪ Christiaan Huygens 50–51 ▪ Isaac Newton 62–69



İbnü'l-Heysem, ters bir görüntüyü bir perdeye yansıtan optik bir aygıt olan karanlık odanın ilk bilimsel tarifini verdi.

baktığı şeyden seken "ışınlardan" kaynaklandığına inandılar. İbnü'l-Heysem gölgeleri ve yansımayı gözlemleyerek, ışığın nesnelerden sektiğini ve düz çizgiler halinde gözlerimize girdiğini gösterdi. Görme, en azından retinaya ulaşana kadar, aktif değil, daha çok pasif bir olguydu. Fark etti ki, "her hangi bir ışıkla aydınlatılan her renkli cismin her noktasından, o noktadan çizilebilen her düz hat boyunca ışık ve renk çıkar." Şeyleri görmek için, ışığın içeri girmesi için gözlerimizi açmamız yeter. Yapabilse bile, gözün ışın göndermesine gerek yoktur.

İbnü'l-Heysem boğa gözleriyle yaptığı deneylerden, ışığın küçük bir delikten (gözbebeği) girdiğini ve bir mercek tarafından, gözün arka tarafında duyarlı bir yüzeye odaklandığını da anladı. Bununla birlikte, gözü bir mercek kabul etmesine rağmen, gözün ya da beynin bir görüntüyü nasıl oluşturduğunu açıklamadı.

Işık deneyleri

İbnü'l-Heysem'in yedi ciltlik anıtsal eseri *Kitabü'l-Menazır*'ı ışık teorisiyle görme teorisini açıklar. 650 yıl sonra Newton'ın *Principia*'sı yayımlanana kadar, konusunda ana otorite olarak kaldı. Kitap ışık ile merceklerin etkileşimini araştırır ve ışığın kırılım (yön değiştirme) olgusu tarif eder – Hollandalı bilim insanı Willebrord van Roijen Snell'in kırılım yasasından 700 yıl önce. Işığın atmosferde kırılmasını da inceler ve gölgeleri, gökkuşağını ve tutulmaları tasvir eder. *Kitabü'l-Menazır*, Avrupa'da Rönesans döneminde İbnü'l-Heysem'in bilimsel yöntemini canlandıran bilim insanlarından biri olan Francis Bacon da aralarında olmak üzere, daha sonra Batılı bilim insanlarını büyük ölçüde etkiledi. ▪

> Âlimlerin yazdıklarını inceleyen kişi eğer hakikati öğrenmek amacındaysa okuduklarına düşman olmalıdır.
> **İbnü'l-Heysem**

İbnü'l-Heysem

Ebu Ali el-Hasan İbnü'l-Heysem (Batı'da Alhazen olarak tanınır) Basra'da doğdu ve Bağdat'ta eğitim gördü. Gençken Basra'da devlet memurluğu verildi, ama kısa sürede sıkıldı. Bir rivayete göre, Mısır'da Nil'in her yıl taşmasından kaynaklanan sorunları işitince Halife el-Hekim'e bir mektup yazıp, taşkını düzenlemek için bir baraj yapmayı teklif etti ve Kahire'de el üstünde karşılandı. Ne var ki, kentin güneyine gidip ırmağın büyüklüğünü görünce – Asvan'da genişliği 1,6 kilometre– eldeki teknolojiyle işin imkânsız olduğunu anladı. Halifenin gazabından kurtulmak için, deliliğe vurdu ve 12 yıl ev hapsinde kaldı. O sürede en önemli eserini yazdı.

Önemli eserleri

1011–21 *Kitabü'l-Menazır*
y.1030 *Işık Üzerine Bir Konuşma*
y.1030 *Ay'ın Işığı Üzerine*

BİLİMS
DEVRİ
1400–1700

SEL

M

1543
Nicolaus Copernicus **gün-merkezli bir Evren**'in ana hatlarını çizen *De Revolutionibus Orbium Coelestrium*'u yayımlar.

1600
Astronom William Gilbert, manyetizma üzerine bilimsel bir eser olan *De Magnete*'yi yayımlar ve **Yer'in mıknatıs olduğunu** öne sürer.

1609
Johannes Kepler, Mars'ın **eliptik bir yörüngesi** olduğunu öne sürer.

1610
Galileo **Jüpiter'in uydularını** gözlemler ve yamaçlardan yuvarladığı toplarla deney yapar.

1620s
Francis Bacon **bilimsel yöntemin** ana hatlarını çizen *Novum Organum Scientarum* ve *The New Atlantis*'i yayımlar.

1639
Jeremiah Horrocks **Venüs'ün geçişini** gözlemler.

1643
Evangelista Torricelli **barometreyi** icat eder.

1660s
Robert Boyle **hava basıncını** araştıran *New Experiments Physico-Mechanical: Touching the Spring of the Air, and its Effects*'i yayımlar.

İslami Altın Çağ, bilimin ve sanatın büyük gelişme kaydettiği bir dönemdi; 8. yüzyılın ortasında Abbasi Halifeliğinin başkenti Bağdat'ta başladı ve yaklaşık 500 yıl sürdü. Deney yapmanın ve modern bilimsel yöntemin temellerini attı. Aynı dönemde Avrupa'da, bilimsel düşüncesinin dinsel doğmanın sınırlamalarının üstesinden gelmesine daha birkaç yüzyıl vardı.

Tehlikeli düşünme

Yüzyıllarca Katolik Kilisenin Evren görüşü Aristoteles'in düşüncesine dayandırıldı; buna göre Yer, bütün gök cisimlerinin yörüngesel merkezindeydi. Ardından, 1532 civarında, Polonyalı hekim Nicolaus Copernicus karmaşık matematiğiyle yıllarca uğraştıktan sonra, merkezinde Güneş olan sapkın Evren modelini tamamladı. Sapkınlığın farkında olan Copernicus, dikkatli davranıp bunun yalnızca matematiksel bir model olduğunu ifade etti ve ölümün eşiğine gelinceye kadar bekleyip ondan sonra yayımladı; ama Copernicus'un modeli hızla taraftar kazandı. Alman astrolog Johannes Kepler, Felemenkli hocası Tycho Brahe'nin gözlemlerini kullanarak Copernicus'un teorisini geliştirdi ve Mars'ın, dolayısıyla diğer gezegenlerin yörüngelerinin elips olduğunu hesapladı. Gelişmiş teleskoplar İtalyan bilgin Galileo Galilei'nin 1610'da Jüpiter'in dört uydusunu saptamasına olanak verdi. Yeni evrenbilimin açıklayıcılık gücü inkâr edilemez oluyordu.

Galileo düşen nesnelerin fiziğini araştırarak ve etkili bir zaman sayacı olarak sarkacı tasarlayarak bilimsel deneyin gücünü de gösterdi. Felemenkli Christiaan Huygens, Galileo'nun sarkacını kullanarak 1657'de ilk sarkaçlı saati yaptı. İngiliz filozof Francis Bacon bilimsel yöntemle ilgili düşüncelerini ortaya koyan iki kitap yazarak, deneye, gözleme ve ölçmeye dayanan modern bilimin teorik temelini geliştirdi.

Peşinen gürül gürül yeni keşifler geldi. Robert Boyle bir hava pompası kullanıp havanın özelliklerini araştırırken, Huygens ve İngiliz fizikçi Isaac Newton ışığın nasıl yol aldığına ilişkin karşıt teorilerle ortaya çıkıp optik bilimini pekiştirdiler. Danimarkalı astronom Ole Rømer, Jüpiter uydularının tutulma cetvellerinde tutarsızlık fark etti ve bunları kullanarak, ışık hızının yaklaşık bir değerini hesapladı. Rømer'in

1665
Micrographia'da Robert Hooke dünyayı **pirelerin**, arıların ve mantarların **anatomisiyle** tanıştırır.

1669
Jan Swammerdam, *Historia Insectorum Generalis*'te böceklerin evreler halinde nasıl geliştiğini tarif eder.

1669
Nicolas Steno, **katıların içindeki katıları** (fosiller ve kristaller) yazar.

1670'LER
Antonie van Leeuwenhoek basit mikroskoplarla **tek hücreli organizmaları,** spermi, hatta bakterileri gözlemler.

1676
Ole Rømer, Jüpiter'in uydularını kullanarak **ışığın belirli bir hızı olduğunu** gösterir.

1678
Christiaan Huygens, daha sonra Isaac Newton'ın parçacık olarak ışık düşüncesiyle karşılaştırılacak **ışığın dalga teorisini** ilan eder.

1686
John Ray **bitki krallığının ansiklopedisi** *Historia Plantarum*'u yayımlar.

1687
Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'da kendi **hareket yasalarının ana hatlarını** çizer.

vatandaşı Piskopos Nicolas Steno eski bilgilerin çoğuna kuşkuyla bakıyordu ve hem anatomi hem jeoloji alanında kendi düşüncelerini geliştirdi. Stratigrafinin (kayaç katmanlarının incelenmesi) ilkelerini belirleyip, jeoloji için yeni bir bilimsel temel kurdu.

Mikro-dünyalar

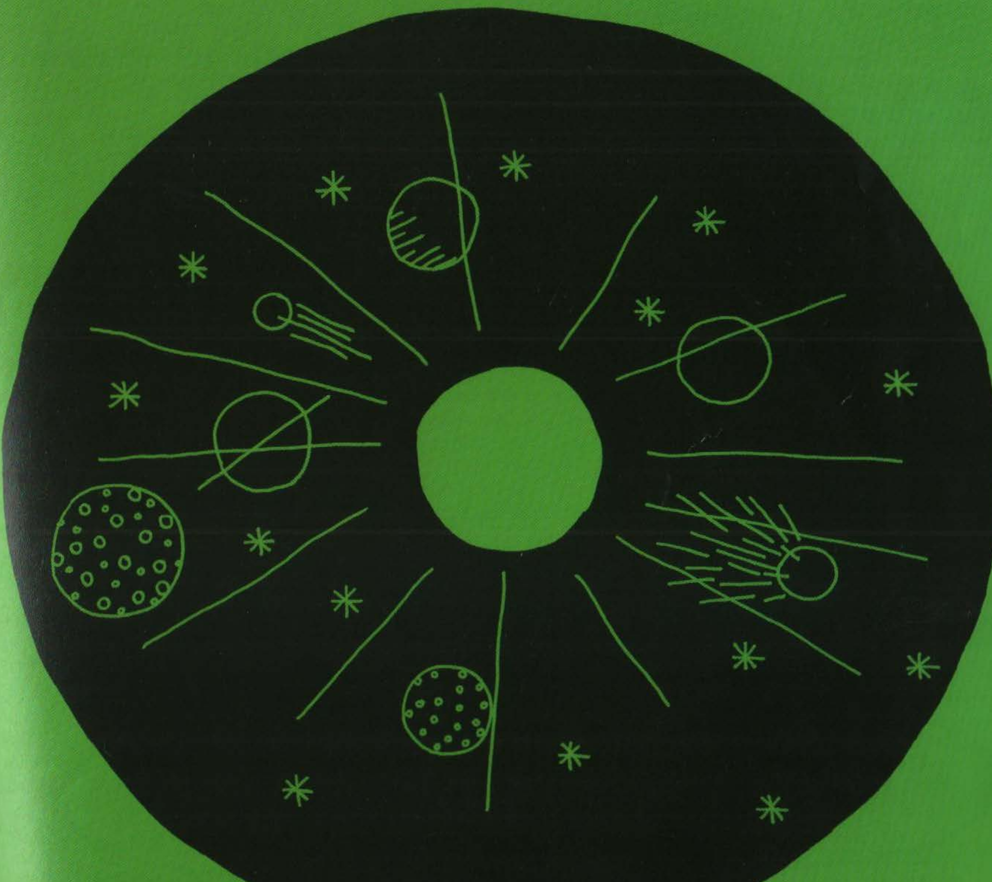
17. yüzyıl boyunca teknolojideki gelişmeler en küçük ölçekte bilimsel keşiflere güç verdi. 1600'lerin başında Felemenkli gözlükçüler ilk mikroskopları geliştirdi; daha sonra Robert Hooke kendi mikroskobunu yaptı ve bulgularının güzel resimlerini çizerek, ilk kez pire gibi küçük böceklerin karışık yapısını açığa vurdu. Olasılıkla Hooke'un resimlerinden esinlenen Felemenkli manifaturacı Antonie van Leeuwenhoek yüzlerce mikroskop yaptı ve su gibi, daha önce kimsenin bakmayı akıl etmediği yerlerde küçük yaşam formları buldu. Leeuwenhoek, "hayvancık" dediği protist ve bakteri gibi tek hücreli yaşam formları keşfetmişti. Bulgularını British Royal Society'ye (İngiliz Kraliyet Derneği) rapor edince, gerçekten böyle şeyler görüp görmediğini doğrulamak için üç rahip gönderildi. Felemenkli mikroskopçu Jan Swammerdam, yumurta, larva, pupa ve erişkinin, Tanrının yarattığı ayrı hayvanlar değil, bir böceğin gelişiminin evreleri olduğunu gösterdi. Aristoteles'e kadar geri giden eski düşünceler, bu yeni buluşlarla birlikte bir tarafa atıldı. Bu arada İngiliz biyolog John Ray, ilk ciddi sistematik sınıflandırma girişimine işaret eden büyük bir bitki ansiklopedisi hazırladı.

Matematiksel analiz

Aydınlanmanın habercisi olan bu keşifler, modern bilimsel astronomi, kimya, jeoloji, fizik ve biyoloji disiplinlerinin temelini attı. Yüzyılın taçlandırıcı başarısı, Newton'ın hareket ve çekim yasalarını ortaya koyan bilimsel eseri *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* ile geldi. Newton fiziği iki yüzyıldan fazla bir süre fiziksel dünyanın en iyi tasviri olarak kalacaktı ve Newton ile Gottfried Wilhelm Leibniz'in birbirinden bağımsız geliştirdiği analitik hesaplama teknikleriyle birlikte, gelecekte bilimsel çalışmalara güçlü bir araç sağlayacaktı. ■

GÜNEŞ HER ŞEYİN MERKEZİNDEDİR

NICOLAUS COPERNICUS (1473–1543)



KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
MÖ 3. yüzyıl *Kum Cetveli* adlı bir eserde Arşimet, Evren'in sanılandan daha büyük olduğunu ve merkezinde Güneş bulunduğunu öne süren Samoslu Aristarkhos'un düşüncelerini aktarır.

MS 150 İskenderiyeli Ptolemaios matematiği kullanarak, Yer-merkezli bir Evren modeli tasvir eder.

SONRA
1609 Johannes Kepler, eliptik yörüngeleri önererek gün-merkezli Güneş Sistemi modelindeki belirgin çelişkileri çözer.

1610 Galileo Jüpiter'in uydularını gözlemledikten sonra, Copernicus'un haklı olduğunu inanır.

Erken tarihi boyunca Batı düşüncesini, her şeyin merkezine Yeri yerleştiren bir Evren düşüncesi şekillendirdi. Anlaşılan bu "yer-merkezli" model, başlangıçta gündelik gözlemlere ve sağduyuya dayanmaktaydı – üzerinde durduğumuz zeminin herhangi bir hareketini hissetmiyoruz ve gezegenimizin de hareket ettiğine ilişkin gözlemsel bir kanıt yok gibi görünüyordu. Kuşkusuz en basit açıklama şuydu: Güneş, Ay, gezegenler ve yıldızlar farklı hızlarda Yerin etrafında dönüyorlardı. Bu sistem ilkçağ dünyasında yaygın kabul görmüş ve MÖ 4. yüzyılda Platon'un ve Aristoteles'in eserleriyle klasik felsefeye iyice yerleşmiş gibi görünüyor.

Bununla birlikte, antik Yunanlar gezegenlerin hareketlerini ölçünce, yer-merkezli sistemin sorunları aldığı anlaşıldı. Bilinen gezegenlerin –gökyüzünde dolaşan beş ışık– yörüngeleri karmaşık yollar izliyordu. Merkür ve Venüs her zaman sabah ve akşam gökyüzünde görülmekte, Güneş'in etrafında dar halkaları tarif etmekteydi. Bu arada Mars, Jüpiter ve Satürn'ün dönüşü sırasıyla 780 gün, 12 yıl ve 30 yıl alıyordu; yavaşladıkları ve hareketlerinin genel yönünü geçici olarak tersine çevirdikleri "geri hareket" halkaları hareketlerini karışık hale getirmekteydi.

> Yüce Tanrı bu şekilde yaratmaya koyulmadan önce bana danışsaydı, daha basit bir şey önerirdim.
> **X. Alfonso**
> **Kastilya Kralı**

Ptolemaios sistemi

Yunan astronomlar bu karışıklıkları açıklamak için ilmek düşüncesini devreye soktu –gezegenler dairesel "alt-yörüngeler"de dönmekteydi; alt-yörüngelerin merkezi "eksen"-noktaları ise Güneş'in etrafında hareket etmekteydi. Bu sistemi en



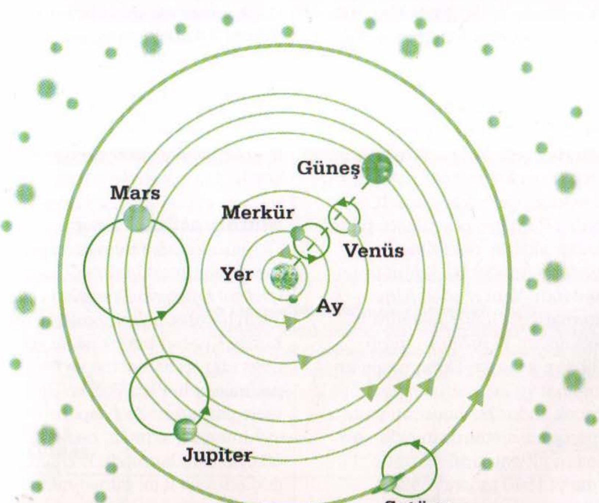
Ayrıca bkz. Zhang Heng 26–27 ▪ Johannes Kepler 40–41 ▪ Galileo Galilei 42–43 ▪ William Herschel 86–87 ▪ Edwin Hubble 236–41

iyi, MS 2. yüzyılda İskenderiyeli astronom ve coğrafyacı Ptolemaios geliştirdi.

Ne var ki, klasik dünyada bile fikir ayrılıkları vardı -örneğin Yunan düşünür Samoslu Aristarkhos, MÖ 3. yüzyılda trigonometrik ölçümleri kullanarak Güneş'in ve Ay'ın göreli uzaklıklarını hesapladı. Güneş'in büyük olduğunu anladı ve bu durum, kozmosun hareketinin eksen noktasının Güneş olmasının daha olası olduğunu öne sürmesine ilham kaynağı oldu.

Ptolemaios sistemi sonunda rakip teorilere yenildi ve bunun çok kapsamlı içerimleri oldu. Roma İmparatorluğu sonraki yüzyıllarda küçülürken, Hıristiyan Kilise imparatorluğun varsayımlarının çoğunu miras aldı. Her şeyin merkezinde Yerin bulunduğu ve Yer üzerindeki hâkimiyetiyle insanın Tanrı'nın en üstün yaratığı olduğu düşüncesi Hıristiyanlığın temel akidelerinden biri haline geldi ve 16. yüzyıla kadar Avrupa'da egemen oldu.

Ama bu, astronominin Ptolemaios'tan sonra 500 yıl hiç gelişmediği anlamına gelmez. Gezegenlerin hareketlerini doğru bir biçimde öngörme yeteneği yalnızca bilimsel ve felsefi bir bilmece değildi, astrolojinin hurafeleri sayesinde sözde pratik amaçları da vardı. Her inançta yıldız gözlemcilerinin, gezegenlerin devinimlerini hep daha doğru ölçmeye çalışmaları için haklı nedenleri vardı.



Ptolemaios'un evren modelinde Yer merkezde hareketsizdir; Güneş, ay ve bilinen beş gezegen Yer'in etrafında dairesel yörüngelerde döner. Ptolemaios, yörüngeleri gözlemlere uygun hale getirmek için, her gezegenin hareketine daha küçük ilmekler ekledi.

Arap alimliği

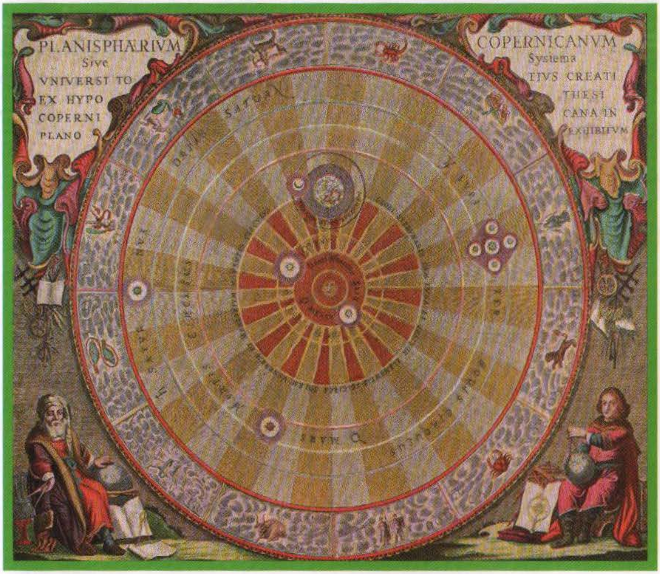
Birinci binyılın son yüzyılları, Arap biliminin ilk büyük çiçeklenmesine denk geldi. 7. yüzyıldan itibaren İslamın Ortadoğu'ya ve Kuzey Afrika'ya hızlı yayılışı Arap düşünürleri, Ptolemaios ve diğerlerinin astronomiyle ilgili yazdıkları da dahil, klasik metinlerle ilişkiye soktu.

Konum astronomisi pratiği -gök cisimlerinin konumlarını hesaplama- İslami, Yahudi ve Hıristiyan düşüncenin dinamik bir potası haline gelen İspanya'da doruğuna ulaştı. 13. yüzyılın sonunda Kastilya Kralı X. Alfonso, yeni gözlemleri yüzyılların İslami kayıtlarıyla birleştirip Ptolemaios sistemine yeni bir kesinlik kazandıran ve 17. yüzyılın başına kadar gezegenlerin konumunu hesaplamak için kullanılacak verileri sağlayan Alfonso Cetvelleri'nin hazırlanmasına destek oldu.

Ptolemaios'u sorgulamak

Ne var ki, bu noktada Ptolemaios modeli saçmalık derecesinde karışıklaşıyordu; öngörüyü gözleme uydurmak için daha fazla ilmekler eklendi. 1377'de Fransız filozof, Lisieux Piskoposu Nicole Oresme, *Livre de Ciel et du Monde*'da (*Göğün ve Yerin Kitabı*) bu sorunu kökten ele aldı. Yer'in durağan olduğunun gözlemsel katının olmadığını gösterdi ve hareket halinde olmadığını varsaymak için hiçbir neden olmadığını savundu. Yine de, Ptolemaios sisteminin kanıtlarını yok etmesine rağmen, Oresme hareket eden bir Yer'e inanmadığını söyledi.

16. yüzyılın başına gelindiğinde durum çok farklı olmuştu. Rönesans'ın ve Protestan



Copernicus sisteminin bu 17. yüzyıl illüstrasyonu, gezegenleri Güneş'in etrafında dairesel yörüngelerde gösterir Copernicus, gezegenlerin göksel kürelere bağlı olduğuna inanıyordu.

Reformasyonun gücü, çok sayıda eski dinsel dogmanın sorgulanmasını sağladı. Warmia eyaletinden Polonyalı Katolik Nicolaus Copernicus, Evrenin merkezini Yer'den Güneş'e kaydıran ilk modern güneş-merkezli teoriyi öne sürdü.

Copernicus düşüncelerini ilk kez 1514 civarında arkadaşlar arasında elden ele dolaşan ve *Commentariolus* olarak bilinen küçük bir kitapçıkta yayımladı. Teorisi özünde Aristarkhos'un önerdiği sisteme benzer ve önceki sistemin birçok başarısızlığının üstesinden geldiği halde, Ptolemaios düşüncesinin bazı dayanaklarına bağlı kaldı –en önemlisi de, gök cisimlerinin yörüngesinin, kusursuz bir dairesel hareketle dönen kristalin küreye binili olduğu düşüncesi. Sonuç olarak Copernicus, yörüngelerinin belli bölümlerinde gezegen devinimlerinin hızını düzenlemek için kendi "ilmeklerini" devreye sokmak zorunda kaldı. Modelinin önemli bir içerimi, Evren'in boyutun çok büyük ölçüde büyütmesiydi. Yer Güneş'in etrafında dönüyorsa, değişen bakış noktamızın neden olduğu paralaks etkileriyle kendini ele vermelidir: Yıldızlar yıl boyunca gökyüzünde ileri geri yer değiştirir gibi görünmelidir. Böyle olmadıkları için, gerçekten de çok uzakta olmalılar.

Çok geçmeden Copernicus modelinin, eski Ptolemaios sisteminin düzeltilmiş bir şeklinden çok daha doğru olduğu anlaşıldı ve haber bütün Avrupa'da entelektüel çevrelere yayıldı. Duyuru Roma'ya bile ulaştı; popüler inancın aksine, bazı Katolik çevrelerde model başlangıçta iyi karşılandı. Yeni model, Alman matematikçi Georg Joachim Rheticus'un Warmia'ya gidip 1539'dan itibaren Copernicus'un öğrencisi ve asistanı olmaya yetecek kadar bir heyecan yarattı. Copernicus sisteminin elden ele dolaşan ilk anlatımı *Narratio Prima*'yı 1540'ta yayımlayan Rheticus'tu. Rheticus yaşlı papazdan eserinin tamamını yayımlamasını istedi. Bu Copernicus'un yıllardır düşündüğü, ama ancak 1543'te ölüm döşeğindeyken razı olduğu bir şeydi.

Matematiksel araç

Ölümünden sonra yayımlanan *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine*), Yerin hareket halinde olduğu önerisi Kutsal Kitabın birçok pasajıyla doğrudan çelişmesine ve bu nedenle hem Katolik hem Protestan teologlar tarafından sapkın sayılmasına rağmen, başlangıçta öfkeyle karşılanmadı. Konuyu geçiştirmek için, güneş-merkezli modelin yalnızca matematiksel bir kestirim aleti olduğunu, fiziksel Evrenin bir tasviri olmadığını açıklayan bir önsöz eklenmişti. Oysa Copernicus sağken böyle bir çekince

> “Güneş durağan kaldığı için, Güneş'in hareketi gibi görünen her şey, Yerin hareketinden ileri gelir.”
> **Nicolaus Copernicus**

göstermemişti. Sapkın içerimlerine rağmen Copernicus modeli, Papa XIII. Gregorius'un 1582'de başlattığı büyük takvim reformunun gerektirdiği hesaplamalar için kullanıldı.

Ne var ki, modelin öngörü doğruluğuyla ilgili yeni sorunlar hemen ortaya çıkmaya başladı; çünkü Danimarkalı astronom Tycho Brahe'nin (1546-1601) titiz gözlemleri, Copernicus modelinin gezegen devinimlerini yeterince doğru tarif etmediğini gösterdi. Brahe, bu çelişkileri kendine ait bir modelle çözmeye çalıştı; onun modelinde gezgenler Güneş'in etrafını dolaşıyordu, ama Güneş ve ay Yerin etrafındaki yörüngede kalıyordu. Gerçek çözümü –eliptik yörünge çözümü– onun öğrencisi Johannes Kepler bulacaktı.

Altmış yıl sonra Copernicusçuluk, büyük ölçüde İtalyan bilim insanı Galileo Galilei etrafında dönen anlaşmazlık sayesinde, Kilise Reformasyonunun Avrupa'da neden olduğu bölünmenin gerçek simgesi olacaktı. Galileo'nun 1610'da Venüs'ün sergilediği evrelere ve Jüpiter'in yörüngesinde uyduların varlığına ilişkin gözlemleri, onu gün-merkezli teorinin doğru olduğuna inandırdı ve Katolik İtalya'nın kalbinden bu teoriye verdiği ateşli destek, *İki Büyük Dünya Sistemi Üzerine Konuşmalar*'da (1632) ifade edildi. Bu durum Galileo'nun papalıkla çatışmasına yol açtı ve bunun bir sonucu, *De Revolutionibus*'taki tartışmalı pasajların geriye dönük sansürlenmesi oldu. Bu yasak iki yüzyıldan fazla bir süre kaldırılmayacaktı. ■

> Güneş adeta bir kral tahtına oturmuş gibi, etrafında dönen gezegen ailesini idare eder.
> **Nicolaus Copernicus**



Yer Güneş'in etrafında dönerken, farklı uzaklıklarda yıldızların görünen konumu, paralaks denilen bir etki nedeniyle değişir. Yıldızlar çok uzak oldukları için, etki çok küçüktür ve ancak teleskop kullanılarak fark edilebilir.



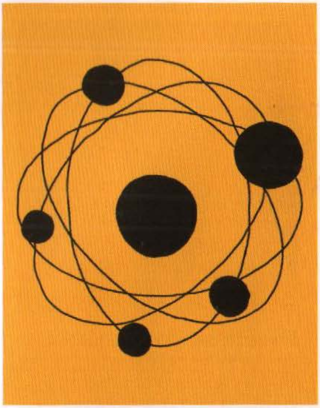
Nicolaus Copernicus

1473'te Polonya'nın Torun kentinde doğan Nicolaus Copernicus, zengin bir tüccarın dört çocuğunun en küçüğüydü. Nicolaus 10 yaşındayken babası öldü. Amcası onu kanatlarının altına aldı ve Krakow Üniversitesinde eğitimine göz kulak oldu. Birkaç yıl İtalya'da tıp ve hukuk okudu; 1503'te Polonya'ya dönüp, artık Warmia Prens-Piskoposu olan amcasının yönetimindeki papazlara katıldı.

Copernicus hem dil hem matematik üstadıydı; çok sayıda önemli eser çevirdi ve kendi astronomi teorileri üzerinde çalışırken, aynı zamanda ekonomiye ilişkin düşünceler de geliştirdi. *De Revolutionibus*'ta ana hatlarını çizdiği teori matematiksel karmaşıklığıyla ürkütücüydü; bu yüzden birçok kişi önemini kabul etmesine rağmen, pratik günlük kullanım için astronomlar tarafından pek benimsenmedi.

Önemli eserleri

1514 *Commentariolus*
1543 *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (Göksel Kürelerin Dönüşleri Üzerine)



HER GEZEGENİN YÖRÜNGESİ BİR ELİPSTİR

JOHANNES KEPLER (1571–1630)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
MS 150 İskenderiyeli Ptolemaios, Yer'in merkezde olduğu ve Güneş'in, Ay'ın, gezegenlerin ve yıldızların sabit göksel küreler üzerinde dairesel yörüngelerde Yer'in etrafında döndüğü varsayımına dayanan bir Evren modeli olan *Algamest*'i yayınlar.

16. yüzyıl Güneş-merkezli bir evrenbilim fikri, Nicolaus Copernicus'un düşünceleriyle taraftar bulmaya başlar.

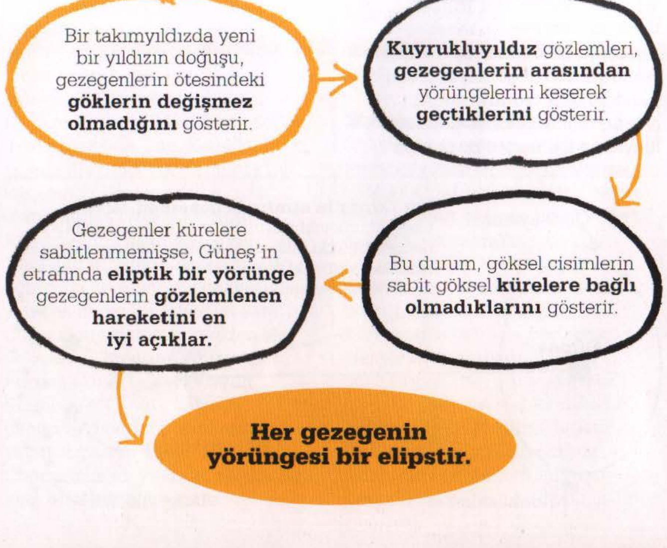
SONRA
1639 Jeremiah Horrocks Kepler'in düşüncelerini kullanıp, Venüs'ün Güneş karşısında geçişini kestirir ve görür.

1687 Isaac Newton'ın hareket ve çekim yasaları, Kepler'in yasalarına yol açan fiziksel ilkeleri açıklar.

Nicolaus Copernicus'un göksel yörüngeler üzerine 1543'te yayımlanan eseri, Güneş-merkezli bir Evren modeli için inandırıcı bir gerekçe sunduğu halde, sistemin önemli sorunları vardı. Göksel cisimlerin kristal kürelere takılı olduğuna dair eski düşüncelerden kurtulamayan Copernicus, gezegenlerin Güneş'in yörüngesinde kusursuz dairesel bir yol izlediğini söyledi ve düzensizliklerini açıklamak için modeline çeşitli karmaşıklıklar sokmak zorunda kaldı.

Süpernova ve kuyrukluyıldızlar

16. yüzyılın ikinci yarısında Danimarkalı soylu Tycho Brahe (1546-



Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Jeremiah Horrocks 52 ▪ Isaac Newton 62–69

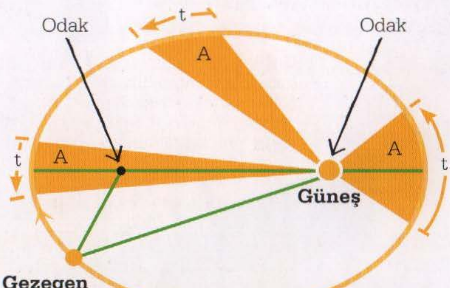
1601), sorunları çözmede yaşamsal oldukları anlaşılacak gözlemler yaptı. 1572'de Cassiopeia takımyıldızında görülen parlak bir süpernova patlaması, gezegenlerin ötesinde Evren'in değişmez olduğu düşüncesini zayıflattı. 1577'de Brahe, bir kuyrukluyıldızın hareketini çizdi. Kuyrukluyıldızların, Ay'dan daha yakın oldukları sanılmıştı; ama Brahe'nin gözlemleri, kuyrukluyıldızın Ay'ın epeyce ötesinde olması gerektiğini ve aslında gezegenlerin arasında dolaştığını gösterdi. Bu kanıt, "göksel küreler" düşüncesini bir darbeyle yerle bir etti. Bununla birlikte Bahre, Yer-merkezli modelinde dairesel yörüngeler düşüncesine bağlı kaldı.

1597'de Brahe Prag'a davet edildi ve son yıllarını orada, İmparator II. Rudolph'un imparatorluk matematikçisi olarak geçirdi. Ölümünden sonra Brahe'nin çalışmalarını devam ettiren Alman astrolog Johannes Kepler, burada ona katıldı.

Dairelerden kopma

Kepler, Brahe'nin gözlemlerinden yola çıkarak Mars için yeni bir yörüngeyi hesaplamaya zaten başlamış ve o sırada yörüngenin daire değil, daha çok oval (yumurta şeklinde) olması gerektiği sonucuna varmıştı. Kepler oval yörüngeli güneş-merkezli bir model formüle etti; ama gözlem verilerine hâlâ uygun değildi. 1605'te Mars'ın güney etrafındaki yörüngesinin elips –iki odak noktasından biri Güneş olan "gerilmiş bir daire"– olması gerektiği sonucuna vardı. 1609'da *Astronomia Nova*'sında (Yeni Astronomi) gezegen hareketinin iki yasasını açıkladı. Birinci yasaya göre, her gezegenin yörüngesi bir elipstir. İkincisine göre, bir gezegeni Güneş'e birleştiren doğru parçası eşit zaman dilimlerinde eşit alanlar tarar. Yani, gezegenlerin hızı Güneş'e yaklaştıkça artar. 1619'da üçüncü bir yasa, bir gezegen yılının Güneş'ten uzaklığıyla ilişkisini tarif etti: Bir gezegenin yörüngede dolanma süresinin (yılının) karesi, Güneş'ten uzaklığının üçüncü kuvvetiyle orantılıdır. Yani, Güneş'ten uzaklığı başka bir gezegenin uzaklığının iki katı olan bir gezegenin, yaklaşık üç kat uzun bir yılı alacaktır.

Gezegenleri yörüngede tutan kuvvetin doğası bilinmiyordu. Kepler, manyetik kuvvet olduğuna inanmaktaydı, ama Newton 1687'de kütleçekim olduğunu gösterecekti. ▪



Kepler'in yasalarına göre, gezegenler Güneş'in etrafında eliptik bir yörüngede dolaşır ve elipsin iki odak noktasından biri Güneş'tir. Verili bir *t* zamanında gezegenleri Güneş'e birleştiren bir doğru parçası elipste eşit alanlar (A) tarar.



Johannes Kepler

Güney Almanya'da Stuttgart'a yakın Weil der Stadt kentinde 1571'de doğan Johannes Kepler, küçük bir çocukken 1577'nin Büyük Kuyrukluyıldızına tanık oldu ve gökyüzüne hayranlığı böyle başladı. Tübingen Üniversitesinde okurken, parlak bir matematikçi ve astrolog olarak ün kazandı. Zamanın önde gelen astronomlarıyla mektuplaştı; bunların arasında Tycho Brahe de vardı ve 1600'de Prag'a gidip Brahe'nin öğrencisi ve akademik varisi oldu.

Brahe'nin 1601'de ölümünden sonra Kepler İmparatorluk Matematikçisi görevini üstlendi ve Brahe'nin üzerinde çalıştığı Rudolphine Cetvelleri'ni tamamlaması istendi. Bu çalışmayı Avusturya'da, 1612'den 1630'da ölene kadar çalıştığı Linz'de tamamladı.

Önemli eserleri

1596 *The Cosmic Mystery (Evrenin Gizemi)*
1609 *Astronomia Nova (Yeni Gökbilim)*
1619 *The Harmony of the World (Dünyanın Uyumu)*
1627 *Rudolphine Tables (Rudolphine Cetvelleri)*



DÜŞEN BİR CİSİM DÜZGÜN HIZLANIR

GALILEO GALILEI (1564–1642)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
MÖ 4. yüzyıl Aristoteles kuvvet ve hareketle ilgili düşünceler geliştirir, ama bunları deneysel olarak test etmez.

1020 İranlı bilgin İbn Sina, hareket eden nesnelerin, ancak hava direnci gibi dışsal faktörlerin yavaşlattığı asli "hıza" sahip olduklarını yazar.

1586 Felemenk mühendis Simon Stevin, ağırlıkları farklı iki kurşun topun aynı hızda düştüklerini göstermek için topları Delft'e bir kilisenin kulesinden aşağıya bırakır.

SONRA
1687 Isaac Newton'ın *Principia*'sı kendi hareket yasalarını formüle eder.

1971 ABD'li astronot Dave Scott, sürüklenmeye neden olan atmosfer neredeyse bulunmayan Ay'da bir çekiç ile bir tüyün aynı hızda düştüğünü göstererek Galileo'nun düşen cisimlerle ilgili düşüncelerini kanıtlar.

2000 yıl boyunca çok az kişi, Aristoteles'in dışsal bir kuvvet nesneleri hareket halinde tutar ve ağır nesneler hafiflerden daha hızlı düşer iddiasına meydan okudu. Ancak 17. yüzyılda İtalyan astronom ve matematikçi Galileo Galilei, bu düşüncelerin test edilmesi gerektiğinde ısrar etti. Nesnelerin nasıl ve neden hareket ettiklerini ve durduklarını test etmek için deneyler tasarladı. Eylemsizlik ilkesini –nesneler devimin değişikliğine direnir ve harekete başlamak, hızlanmak ya da yavaşlamak için bir kuvvete ihtiyaç duyar– ortaya koyan ilk kişiydi. Galileo nesnelerin düşme sürelerini ölçerek bütün nesneler için düşme hızının aynı olduğunu gösterdi ve yavaşlamada sürtünmenin oynadığı rolü fark etti.

Galileo 1630'larde elde bulunan donanımla, serbest düşen nesnelerin hızını ya da ivmesini doğrudan ölçemezdi. İki rampadan top yuvarlayarak, topun rampanın dibindeki hızının rampanın dikliğine değil, başlangıçtaki yüksekliğine bağlı olduğunu ve eğim ne kadar dik olursa olsun, bir topun her zaman başladığı yüksekliğe çıkacağını gösterdi.

Galileo diğer deneylerini 5 metre uzunluğunda, sürtünmeyi azaltan pürüzsüz bir malzemeyle kaplı bir rampada gerçekleştirdi. Zamanı ölçmek için, dibinde küçük bir boru bulunan büyük bir su kabı kullandı. Ölçüm yaptığı zaman aralığı süresince suyu topladı ve topladığı



Galileo, bir topun bir rampanın dibine ulaşma hızının rampanın dikliğine değil, topun başlangıçtaki yüksekliğine bağlı olduğunu gösterdi. Burada A ve B noktalarından bırakılan toplar aynı hızda rampanın dibine ulaşır.

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Isaac Newton 62–69

> Sayılabileni say, ölçülebileni ölç ve ölçülemezi ölçülebilir yap.
> **Galileo Galilei**

suyu tarttı. Topu rampanın farklı noktalarında bırakarak, kat edilen mesafenin geçen zamanın karesine bağlı olduğunu gösterdi – başka bir deyişle top rampadan aşağıya doğru hızlanıyordu.

Galileo'nun vardığı sonuç şuydu: Bütün cisimler boşlukta aynı hızda düşer – daha sonra Isaac Newton'ın daha da geliştirdiği bir düşünce. Daha büyük bir kütlenin çekim kuvveti daha büyüktür, ama aynı zamanda daha büyük kütlenin hızlanmak için daha büyük bir kuvvete ihtiyacı vardır. İki etki birbirini götürür; bu nedenle başka bir kuvvetin yokluğunda bütün düşen nesneler aynı oranda hızlanır. Gündelik yaşamda şeylerin farklı hızlarda düştüklerini görürüz; çünkü hava direnci etkisi, büyüklüklerine ve şekillerine bağlı olarak nesneleri farklı oranlarda yavaşlatır. Aynı büyüklükte bir plaj topu ile bir bowling topu başlangıçta aynı oranda hızlanır. Bir kez hareket ettikten sonra, üzerlerinde aynı miktarda hava direnci etkili olur; ama bu kuvvetin büyüklüğü plaj topunda daha fazla olacak, bu yüzden plaj topu daha fazla yavaşlayacaktır.

Galileo'nun teorileri dikkatli gözlemlerle ve ölçülebilir deneylerle test etme ısrarı, onun İbnü'l-Heysem gibi, modern bilimin kurucularından biri olduğunun işaretidir. Hareket ve kuvvetle ilgili düşünceleri, 50 yıl sonra Newton'ın hareket yasalarının yolunu açtı ve atomlardan galaksilere kadar Evren'deki hareket anlayışımızın temelini oluşturur. ▪

Kütleleri farklı olan **nesneler, farklı hızlarda düşüyor gibi görünür.**

↓

Hareket eden bütün nesneler **hava direncinden** etkilenir.

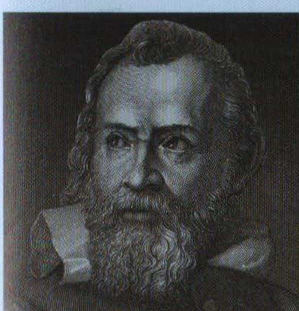
↓

Hava direnci olmasa bütün nesneler **aynı hızda** düşer.

↓

Düşen bir cisim düzgün hızlanır.

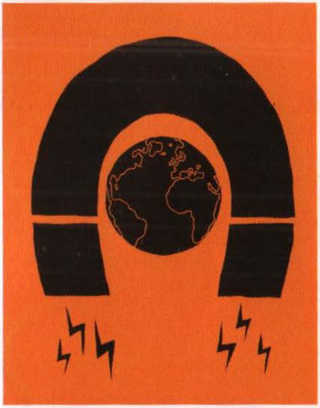
Galileo Galilei



Galileo Pisa'da doğdu, ama daha sonra ailesiyle birlikte Floransa'ya taşındı. 1581'de tıp okumak için Pisa Üniversitesine yazıldı, sonra matematik ve doğa felsefesi okumaya karar verdi. Bilimin birçok alanında araştırma yaptı ve herhalde en çok, Jüpiter'in dört büyük uydusunu (hâlâ Galileo uyduları denilir) keşfetmesiyle ünlüdür. Galileo'nun gözlemleri onu, o sırada Roma Katolik Kilisesinin öğretilerine aykırı olan Güneş-merkezli Güneş Sistemini desteklemesine yol açtı. 1633'te yargılandı, bu ve diğer düşüncelerinden vazgeçmesi emredildi. Ömrünün sonuna kadar devam eden ev hapsine mahkûm edildi. Ev hapsindeyken kinematik (hareket bilimi) üzerine çalışmalarını özetleyen bir kitap yazdı.

Önemli eserleri

1623 *Ayarcı*
1632 *İki Büyük Dünya Sistemi Hakkında Diyalog*
1638 *İki Yeni Bilim Üzerine Diyaloglar*



YERKÜRE BİR MIKNATISTIR

WILLIAM GILBERT (1544–1603)

KISACA

BİLİM DALI
Yerküre

ÖNCE
MÖ 6. yüzyıl Yunan düşünür Miletoslu Thales manyetik kayaları ya da mıknatıs taşını fark eder.

MS 1. yüzyıl Çinli kahinler, güneyi gösteren demir kepçeli ilkel pusulayı yapar.

1269 Fransız bilgin Pierre de Maricourt manyetik çekme, itme ve kutupların temel yasalarını ortaya koyar.

SONRA
1824 Fransız matematikçi Siméon Poisson, manyetik bir alandaki kuvvetleri modeller.

1940'lar Amerikalı fizikçi Walter Maurice Elsasser Yer'in manyetik alanını, gezegen dönerken dış çekirdeğindeki demir türbülansına bağlar.

1958 Explorer 1 uzay aracı Yer'in manyetik alanının uzaya uzandığını gösterir.

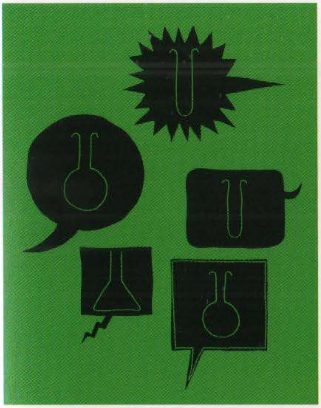
1500'lerin sonunda gemi kaptanları manyetik pusulalara dayanarak okyanuslarda rotalarını tutturuyorlardı. Ama kimse nasıl çalıştıklarını bilmiyordu. Bazıları pusula ibresinin Kutup Yıldızı'na kapıldığını, bazıları Kuzey Kutup bölgesindeki manyetik dağlara çekildiğini sanıyordu. İngiliz hekim William Gilbert, bizzat Yer'in manyetik olduğunu keşfetti.

> Daha güçlü nedenler, olası kestirimlerden ve felsefi spekülatörlerin kanaatlerinden çok kesin deneylerden ve kanıtlanmış savlardan elde edilir.
> **William Gilbert**

Gilbert'in atılımı ani bir ilham sonucu değil, 17 yıllık titiz deneylerin sonucuydu. Gemi kaptanlarından ve pusulacılardan öğrenebileceği her şeyi öğrendi; sonra mıknatıs taşından "terrellla" denilen bir model küre yaptı ve bununla pusula ibrelerini test etti. İbreler terrella'nın etrafında tıpkı gemi pusulalarının daha büyük ölçekte yaptığı gibi tepki verdi – aynı sapma (manyetik kuzeyden farklı olan coğrafi kutupta gerçek kuzeyden biraz uzağı işaret eden) ve yönelim (küreye doğru yataydan aşağıya eğilen) örüntülerini gösterdi.

Gilbert haklı olarak şu sonuca vardı: Bütün gezegen bir mıknatıstır ve demir bir çekirdeği vardır. Düşüncelerini 1600'de sansasyon yaratan kitabı *De Magnete*'de (Mıknatıs Üzerine) yayımladı. Johannes Kepler ve özellikle Galileo, Gilbert'in pek çok kişinin sandığı gibi Yer'in dönen göksel kürelere bağlı olmadığı, kendi manyetizmasının görünmez gücüyle kendi etrafında döndüğü önerisinden ilham aldı. ■

Ayrıca bkz. Miletoslu Thales 20 ▪ Johannes Kepler 40–41 ▪ Galileo Galilei 42–43 ▪ Hans Christian Ørsted 120 ▪ James Clerk Maxwell 180–85



TARTIŞARAK DEĞİL, DENEYEREK

FRANCIS BACON (1561–1626)

KISACA

BİLİM DALI
Deneysel bilim

ÖNCE
MÖ 4. yüzyıl Aristoteles çıkarım yapar, iddia eder, yazar ama deneylerle test etmez –onun yöntemleri sonraki bin yıl boyunca varlığını sürdürür.

MS y.750–1250 Arap bilim insanları İslamın Altın Çağında deneyler gerçekleştirir.

SONRA
1630'lar Galileo düşen cisim deneyleri yapar.

1637 Fransız filozof René Descartes, *Yöntem Üzerine*'de sıkı kuşkuculuk ve sorgulayıcılıkta ısrar eder.

1665 Isaac Newton, ışığı araştırmak için bir prizma kullanır.

1963 Avusturyalı filozof Karl Popper *Conjectures and Refutations*'ta, bir teorinin test edilip yanlışlığının kanıtlanabileceğini, ama doğruluğunun kanıtlamayacağını ısrarla belirtir.

İngiliz filozof, devlet adamı ve bilim insanı Francis Bacon deney yapan ilk kişi değildi – İbnü'l-Heysem ve diğer Arap bilim insanları 600 yıl önce deneyler yapmıştı– ama tümevarımlı akıl yürütme yöntemlerini açıklayan ve bilimsel yöntemi ortaya koyan ilk kişiydi. Ayrıca bilimi "ihtiyaçlarımızın ve sefilliklerimizin bir ölçüde üstesinden gelecek ve hafifletecek bir icatlar silsilesinin pınarı" olarak görüyordu.

Deneyden kanıt

Yunan filozof Platon'a göre hakikat, otoriteyle ve tartışmayla bulunurdu –yeterince akıllı insanları bir şeyi yeterince uzun süre tartışırsa, hakikat ortaya çıkar. Öğrencisi Aristoteles, deneye gerek görmedi. Bacon bu tür "otoriteleri," kendi tözünden ağ ören örümceklere benzetti. Gerçek dünyadan, özellikle de deneyle elde edilen kanıtlarda ısrar etti.

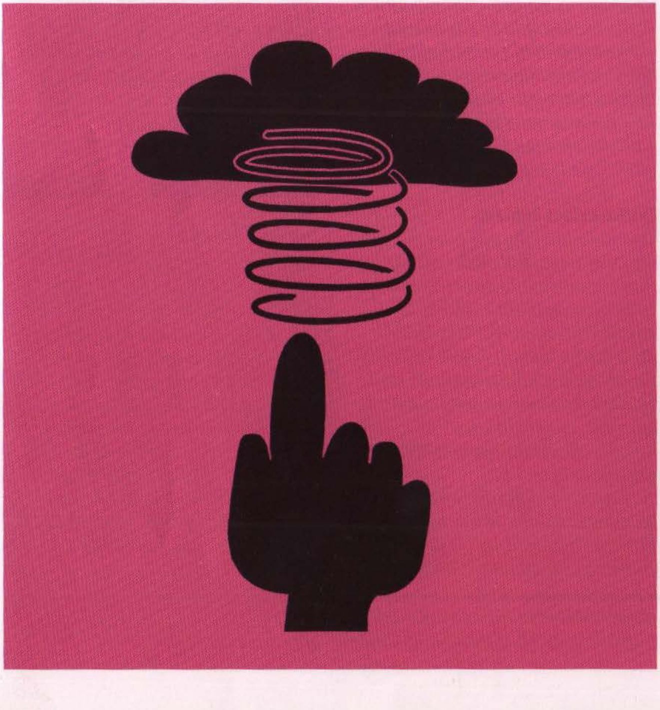
Bacon'ın iki temel eseri bilimsel soruşturmanın geleceğini hazırladı. *Novum Organum*'da (1620) bilimsel yöntemin üç temelini ortaya koydu: gözlem, gözlemlenen şeyi açıklayabilecek bir teori formüle etmek için çıkarım ve teorinin doğru olup olmadığını test etmek için deney. *The New Atlantis*'te (1623) Bacon, uydurma bir adayı ve adanın Salomon Evi'ni –bilginlerin deneye dayalı saf araştırmalar gerçekleştirip icatlar yaptığı bir araştırma kurumu– tasvir eder. Bu hedefleri paylaşan Kraliyet Derneği 1600'de Londra'da kuruldu ve ilk Deney Küratörü de Robert Hooke oldu. ■

> Bir şeyin bilinip bilinmeyeceği, iddia ederek değil deneyerek halledilebilir.
> **Francis Bacon**

Ayrıca bkz. İbnü'l-Heysem 28–29 ■ Galileo Galilei 42–43 ■ William Gilbert 44 ■ Robert Hooke 54 ■ Isaac Newton 62–69

HAVANIN YAYINA DOKUNMAK

ROBERT BOYLE (1627–1691)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1643 Evangelista Torricelli bir cıva tüpü kullanarak barometreyi icat eder.

1648 Blaise Pascal ile kayınbiraderi, hava basıncının yükseklikle birlikte azaldığını gösterir.

1650 Otto von Guericke hava ve vakum üzerine, ilk kez 1657'de yayımlanan deneyler gerçekleştirir.

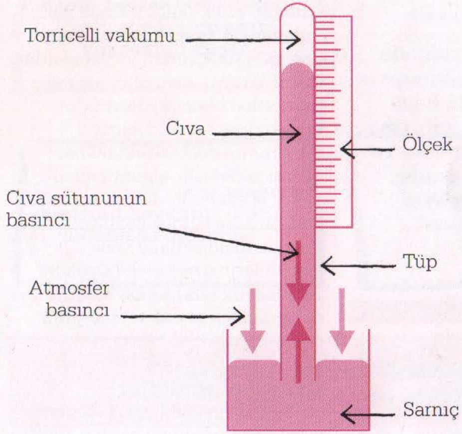
SONRA
1738 İsviçreli fizikçi Daniel Bernoulli, gazların kinetik teorisini açıklayan *Hydrodynamica*'yı yayımlar.

1827 İskoç botanikçi Robert Brown polenlerin sudaki hareketini, rastgele yönlerde hareket eden su molekülleriyle çarpışmanın sonucu olarak açıklar.

17. yüzyılda Avrupa'da birçok bilim insanı havanın özelliklerini araştırdı ve onların çalışmaları, İrlanda asıllı İngiliz bilim insanı Robert Boyle'nin bir gazdaki basıncı açıklayan matematiksel yasaları çıkarmasına yol açtı. Bu çalışma, yıldızlar ile gezegenler arasındaki uzayın doğasıyla ilgili daha geniş bir tartışmayla ilişkiliydi. "Atomculara" göre göksel cisimler arasında boş uzay vardı; Kartezyenlere (Fransız filozof René Descartes'ı izleyenler) göre ise, parçacıklar arasındaki uzay esir denilen bilenmeyen bir maddeyle doluydu ve bir vakum üretmek olanaksızdı.

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Robert FitzRoy 150–55

> Tartışmasız deneylerle ağırlığı olduğu bilinen bir hava elementi okyanusunun dibinde yaşıyoruz.
> **Evangelista Torricelli**



Evangelista Torricelli'nin bulduğu barometre, hava basıncını ölçmek için bir cıva sütunu kullanıyordu. Torricelli haklı olarak şu muhakemeyi yaptı: Çanağın içindeki cıvayı aşağı bastıran hava, tüpteki cıva sütununu dengelemekteydi.

Barometreler

İtalya'da matematikçi Gasparo Berti, bir emme tulumbanın suyu neden 10 metreden yukarıya çıkaramadığını anlamak için deneyler yaptı. Berti uzun bir boru aldı, bir ucunu kapatıp suyla doldurdu. Sonra ağzını bir su teknesinin içinde koyup ters çevirdi. Tüpteki suyun düzeyi, sütun yaklaşık 10 metre yükselene kadar düştü. 1642'de Berti'nin çalışmalarından haberdar olan yurttaşı Evangelista Torricelli benzer bir aygıt yaptı, ama su yerine cıva kullandı. Cıva sudan 13 kat daha yoğundur; bu yüzden sıvı sütunu yalnızca 76 santimetre kadar yüksekti. Torricelli'nin buna ilişkin açıklaması şöyleydi: çanaktaki cıvanın üzerideki havanın ağırlığı cıvayı aşağı bastırıyordu ve bu, sütunun içindeki cıvanın ağırlığını dengelemekteydi. Tüpün içinde cıvanın üstündeki alanın bir vakum olduğunu söyledi. Bu durum bugün basınçla (belli bir alan üzerideki kuvvet) açıklanır, ama temel düşünce aynıdır. Torricelli ilk cıvalı barometreyi bulmuştu.

Fransız bilim insanı Blaise Pascal, Torricelli'nin barometresinden 1646'da haberdar oldu ve hemen kendi deneylerini yapmaya başladı. Kayınbiraderi Florin Périer'in gerçekleştirdiği bu deneylerden biri, hava basıncının yüksekliğe bağlı olarak değiştiğini gösterecekti. Bir barometre Clermont'ta bir manastırın zeminine yerleştirildi ve gündüzleri bir keşiş tarafından gözlemlendi. Périer başka bir barometreyi, kasabadan yaklaşık bin metre yükseklikteki Puy de Dôme'un tepesine götürdü. Dağın tepesindeki cıva sütunu, manastırın bahçesinde olandan 8 cam daha kısaydı. Dağın üzerideki hava miktarı aşağıdaki vadinin üzerindeki havadan fazla olduğuna göre, gerçekten de havanın ağırlığı su ya da cıva tüplerindeki sıvıyı orada tutmaktaydı. Bu ve diğer çalışmalarda ötürü, modern basınç birimine Pascal adı verilir.



Blaise Pascal'ın barometre deneyleri, hava basıncının yükseklikle birlikte nasıl değiştiğini gösterdi. Pascal fiziğin yanı sıra matematiğe de önemli katkılarda bulundu.

Hava pompaları

Bir sonraki önemli atılımı, bir kaptan bir miktar havayı boşaltabilen bir pompa yapan Prusyalı bilim insanı Otto von Guericke gerçekleştirdi. En ünlü gösterisini 1654'te yaptı: İki metal yarımküreyi aralarına hava

> İnsanlar şeyler hakkında duyularıyla karar vermeye o kadar alışıktır ki, hava bölünmez olduğu için, ona fazla bir şey atfetmezler ve neredeyse yok sayarlar.
> **Robert Boyle**

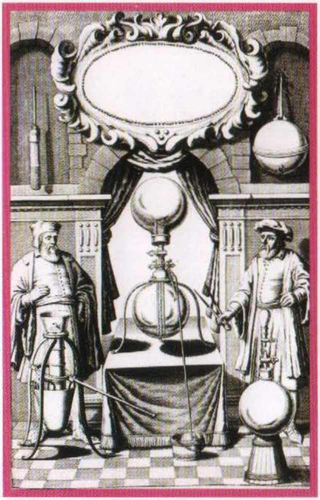
geçirmez bir conta koyup birleştirdi ve aradaki havayı boşalttı – iki takım metal yarımküreleri birbirinden ayıramadı. Hava boşaltılmadan önce, contalı yarımkürelerin içindeki hava basıncı ile dışarıdaki hava basıncı aynıydı. İçeride hava kalmayınca, dışarıdaki havanın basıncı yarımküreleri bir arada tutuyordu.

Robert Boyle, von Guericke'nin deneylerinde 1657'de yayımlanınca haberdar oldu. Boyle kendi deneylerini gerçekleştirmek için, Robert Hooke'u (s. 54) bir hava pompası tasarlayıp yapmakla görevlendirdi. Hooke'un hava pompası, çapı yaklaşık 40 cm olan cam bir "alıcı" (kap), altında piston bulunan bir silindir ve bu ikisinin arasında tıkaçlardan ve vanalardan oluşmaktaydı. Pistonun peş peşe hareketleri alıcıdan daha fazla havayı dışarıya çekiyordu. Donanımın contalarındaki hafif sızıntı nedeniyle, alıcının içinde vakuma yakın bir durum ancak kısa bir süre sürdürülebiliyordu. Yine de makine daha önce yapılanların üzerinden büyük bir ilerlemeydi; bilimsel bir araştırmayı daha da ilerletmede teknolojinin önemini gösteren bir örnekti.

Deneysel sonuçlar

Boyle, hava pompasıyla çok sayıda farklı deney yaptı ve bunları 1660'ta *New Experiments Physico-Mechanical* kitabında tarif etti. Kitapta, Galileo gibi ünlü deneycilerin bile çoğu kez "düşünce deneylerinin" sonuçlarını ilan ettiği bir zamanda, açıklanan bütün sonuçların deney ürünü olduğuna işaret etmeye gayret etti.

Boyle'nin birçok deneyi, doğrudan hava basıncıyla bağlantılıydı. Alıcı bir Torricelli barometresini tutacak şekilde değişebiliyordu; tutkalla yerine sabitlenen tüp alıcının tepesinde kadar çıkmaktaydı. Alıcıdaki basınç azaltılınca, cıvanın düzeyi



Otto von Guericke ilk hava pompasını yaptı. Pompayla yaptığı deneyler, Aristoteles'in "Doğa boşluk sevmez" düşüncesine aykırı kanıtlar verdi.

Robert Boyle



Robert Boyle İrlanda'da doğdu, Cork Kontlarının 14. çocuğuydu. İngiltere'de Eton College'e gitmeden önce evde özel eğitim aldı ve sonra Avrupa'yı dolaştı. 1643'te babası öldü ve bütün zamanını bilimle ilgilenmeye ayırmasına yetecek kadar para bıraktı. Boyle iki yıllığına tekrar İrlanda'ya taşındı; ama 1654'ten 1668'e kadar çalışmalarını daha kolay yürütebilmek için Oxford'ta yaşadı, ardından Londra'ya taşındı.

Boyle, bilimsel konuları inceleyen, Londra'da ve Oxford'ta toplanıp düşüncelerini tartışan ve "Görünmez Kolej" denilen grubun üyesiydi. Bu grup 1663'te Kraliyet Derneği oldu ve Boyle ilk konsey üyelerinden biriydi. Bilime ilgisinin yanı sıra, Boyle simya deneyleri de yaptı ve farklı insan ırklarının kökeni ve teolojiyle ilgili yazılar da yazdı.

Önemli eserleri

1660 *New Experiments Physico-Mechanical: Touching the Spring of the Air and their Effects*
1661 *The Sceptical Chymist*

Bir barometreyi bir **dağın başına** götürürseniz, barometredeki **cıvanın yüksekliği düşer.**

↓

Bunun nedeni, cıvayı **aşağıya bastıran havanın** yukarıda **daha az** olmasıdır.

Bir barometrede alıcının **havası boşaltılınca**, cıvanın **düzeyi düşer.**

↓

Yani, alıcıdaki **hava miktarı** ne kadar azsa, **basınç da o kadar düşüktür.**

↓

Havanın kütlesi küçüldükçe "havanın yayı" da küçülür.

düşmekteydi. Tersinden bir deney de gerekleştirdi ve alıcının içinde basıncın yükselmesiyle cıva seviyesinin de yükseldiğini gördü. Bu, Torricelli'nin ve Pascal'ın daha önceki bulgularını doğruladı.

Boyle, hava miktarı azaldıkça alıcıdaki havayı boşaltmanın zorlaştığını belirtti ve alıcının içinde yarı şişirilmiş bir torbanın etrafındaki hava boşaltılınca, hacminin arttığını da gösterdi. Torba bir ateşin önünde tutulduğunda da benzer bir sonuca varılabiliyordu. Bu sonuçlara neden olan hava "yay"ına ilişkin iki olası açıklama yaptı: Her bir hava parçacığı bir yay gibi sıkıştırılabilirdi ve bütün hava kütlesi bir yapağıya benziyordu ya da hava rastgele hareket eden parçacıklardan oluşuyordu.

Bu Kartezyenlerin görüşüne benziyordu; ama Boyle esir düşüncesine katılmadı, "taneciklerin" boş uzayda hareket ettiklerini öne sürdü. Açıklaması, maddenin özelliklerini hareket eden parçacıklar bakımından tarif eden modern kinetik teorisine bariz bir biçimde benzer.

Boyle'nin bazı deneyleri fizyolojikti; hava basıncının azalmasının kuşlar ve fareler üzerindeki etkilerini araştırdı ve havanın akciğere nasıl girip çıktığına kafa yordu.

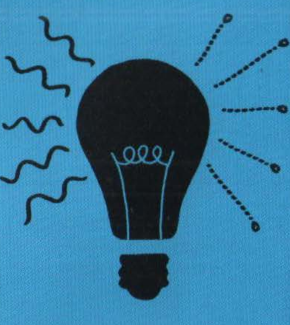
Boyle yasası

Boyle yasasına göre, gaz miktarı ve ısı aynı tutulduğu sürece, bir gazın basıncının hacmiyle çarpımı bir sabitti. Başka bir deyişle, bir gazın hacmini azaltırsanız, basıncı artar. Hava yayını üreten, bu artan basınçtır. Bir bisiklet pompasında, pompanın ucunu bir parmağınızla kapatıp pompa kolunu içeri doğru iterseniz etkiyi hissedebilirsiniz.

Bu yasa Boyle adını taşımasına rağmen, ilk kez Boyle değil, Torricelli barometresiyle bir dizi deney yapan ve sonuçlarını 1663'te yayımlayan İngiliz bilim insanları Richard Towneley ve Henry Power önerdi. Boyle kitabın ilk taslağını gördü ve sonuçları Towneley'le tartıştı. O sonuçları deneyle doğruladı ve ilk deneylerine yöneltilen eleştiriye yanıtın bir parçası olarak 1662'de "Bay Towneley'in hipotezi"ni yayımladı.

Boyle'nin dikkatli deney tekniğinden ötürü ve beklenen sonuçları versin ya da vermesin, deneylerini ve olası hata kaynaklarını eksiksiz rapor ettiği için, gazlarla ilgili çalışması özellikle önemliydi. Bu nedenle birçok kişi onun çalışmalarını genişletmeye çalıştı. Bugün Boyle Yasası, başka bilim insanları tarafından ortaya çıkarılan ve ısı, basınç ya da hacim değişiklikleri altında gerçek gazların davranışına yaklaşan "İdeal Gaz Yasası"nı oluşturan yasalarla birleştirilmektedir. Düşünceleri sonunda kinetik teorisinin gelişmesine de yol açtı. ■

> Cıva sütununun bir dağın tepesindeki yüksekliği eteğindeki yüksekliğinden azsa, o zaman bu olgunun tek nedeni havanın ağırlığı olmalı.
>
> **Blaise Pascal**



IŞIK BİR PARÇACIK MIDIR, YOKSA BİR DALGA MI?

CHRISTIAAN HUYGENS (1629–1695)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
11. yüzyıl İbnü'l-Heysem ışığın düz çizgiler halinde yol aldığını gösterir.

1630 René Descartes, ışığa ilişkin bir dalga tanımı önerir.

1660 Robert Hooke'a göre ışık, yayıldığı ortamın bir titretişimidir.

SONRA
1803 Thomas Young, ışığın bir dalga gibi davrandığını gösteren deneyleri açıklar.

1864 James Clerk Maxwell ışığın hızını tahmin eder ve ışığın, bir elektromanyetik dalga biçimi olduğu sonucuna varır.

1900'lar Albert Einstein ve Max Planck, ışığın hem bir parçacık hem bir dalga olduğunu gösterir. Farkına vardıkları elektromanyetik ışıma kuantumu, "foton" olarak bilinir.

Huygens, uzayın bir **eterle** dolu olduğunu **düşündü.**

↓

Işık, esirde **dalgalar** halinde yayılan bozulmalardır.

↓

Newton, bir ışık kaynağının çok sayıda küçük **"tanecik"** yaydığını **düşündü.**

↓

Tanecikler **ağırlıksızdır ve düz çizgiler** halinde yol alır.

↓

Işık bir parçacık mıdır, yoksa bir dalga mı?

17. yüzyılda Isaac Newton ve Felemenkli astronom Christiaan Huygens ışığın gerçek doğasını araştırdı ve çok farklı sonuçlara ulaştılar. Karşılaştıkları sorun şuydu: Işığın doğasıyla ilgili herhangi bir teori yansımayı, kırılımı, kırınımı ve rengi açıklamalıydı. Kırılım, ışığın bir maddeden diğerine geçerken bükülmesidir ve merceklerin ışığı odaklayabilmesinin nedenidir. Kırınım ışığın çok dar bir aralıktan geçerken yayılmasıdır.

Newton'ın deneylerinden önceki genel kanıya göre, ışık rengini maddeyle etkileşimden almaktaydı – ışık bir prizmadan geçerken görülen "gökkuşağı" etkisi, prizma ışığı bir şekilde boyadığı için

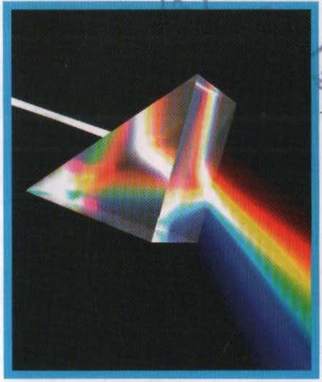
Ayrıca bkz. İbnü'l-Heysem 28–29 ▪ Robert Hooke 54 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Thomas Young 110–11 ▪ James Clerk Maxwell 180–85 ▪ Albert Einstein 214–21

ortaya çıkar. Newton, gördüğümüz "beyaz" ışığın aslında farklı ışık renklerinin bir karışımı olduğunu ve bir prizma tarafından, hepsi biraz farklı miktarlarda kırıldıkları için gruplara bölündüğünü gösterdi.

Zamanın birçok doğa filozofu gibi Newton da ışığın bir parçacık ya da "tanecik" akımından oluştuğunu savundu. Bu düşünce ışığın nasıl düz çizgiler halinde yol aldığını ve yansıtıcı yüzeylerden "sektiğini" açıklıyordu. Kırılım da, farklı malzemeler arasındaki sınırlarda bulunan kuvvetlerle açıklanmaktaydı.

Kısmi yansıma

Ne var ki, Newton'ın teorisi, ışık birçok yüzeye çarptığında nasıl bir kısmının yansıdığını ve bir kısmının kırıldığını açıklayamıyordu. 1678'de Huygens uzayın ağırlıksız parçacıklarla (esir) dolu olduğunu ve ışığın, esirde küresel dalgalar halinde yayılan bozulmalara neden olduğunu öne sürdü. Farklı malzemeler (eter, su ya da cam) ışık dalgalarının farklı hızlarda yol almasına neden olursa kırılım gerçekleşiyordu. Huygens'in teorisi bir yüzeyde hem yansımanın hem kırılımın neden gerçekleşebildiğini de açıklayabiliyordu. Kırınımı da açıklayabilirdi.



Beyaz ışık bir prizmadan geçince, kırılıp bileşenlerine ayrılır. Huygens, bunu ışık dalgalarının farklı malzemelerde farklı hızlarda yol almasına bağladı.

Huygens'in düşünceleri o zaman fazla etkili olmadı. Bunun nedeni, kısmen, Newton'ın bilim insanı olarak heybetli bir şahsiyet olmasıydı. Ama bir yüzyıl sonra, 1803'te Thomas Young ışığın gerçekten bir dalga gibi davrandığını gösterdi ve Huygens'in "küresel dalgaları" ile modern ışık modelleri arasında büyük farklar olmasına rağmen, 20. yüzyılda yapılan deneyler, ışığın hem dalga hem parçacık gibi davrandığını gösterdi. Huygens ışık dalgalarının bir maddeden – esir– geçerken oluşan boyuna dalga olduklarını söyledi. Ses dalgaları da boyuna dalgalardır; dalganın içinden geçtiği maddenin parçacıkları dalganın yol aldığı yönde titreşir. Modern ışık görüşümüze göre, ışık dalgaları daha çok su dalgaları gibi davranan enine dalgalardır. Parçacıklar dalganın yönüne dik açılarla (yukarı ve aşağı) titreşirken, yayılmak (iletilmek) için maddeye ihtiyaç duymazlar. ▪

Christiaan Huygens

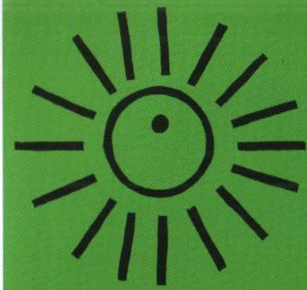


Felemenkli matematikçi ve astronom Christiaan Huygens 1629'da Lahey'de doğdu. Üniversitede hukuk ve matematik okudu; sonra zamanın bir kısmını, başlangıçta matematik alanında ama daha sonra optik alanında da kendi araştırmalarını yapmaya ayırdı; teleskoplar üzerinde çalıştı ve kendi merceklerini kendi kesti.

Huygens birkaç kez İngiltere'ye gitti ve 1689'da Newton'la karşılaştı. Huygens ışıkla ilgili çalışmaları dışında, hareket ve kuvvet konularını da incelemişti; ama Newton'ın çekim kuvvetini açıklayan "uzaktan etki" düşüncesini kabul etmedi. Huygens'in kapsamlı başarılarından biri de, sarkaçlar üzerine çalışmasının sonucunda zamanın en doğru saatlerini yapmasıydı. Kendi teleskoplarıyla gerçekleştirdiği astronomi çalışmaları Satürn'ün en büyük uydusu Titan'ın keşfini ve Satürn halkalarına ilişkin ilk doğru açıklamayı kapsar.

Önemli eserleri

1656 *De Saturni Luna Observatio Nova*
1690 *Treatise on Light*



BİR VENÜS GEÇİŞİNİN İLK KEZ GÖZLENMESİ

JEREMIAH HORROCKS (1618–1641)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
1543 Nicolaus Copernicus, güneş-merkezli bir Evren'e ilişkin ilk eksiksiz savunmayı yapar.

1609 Johannes Kepler bir eliptik yörüngeler sistemi önerir –gezegen devinimininin ilk eksiksiz tasviri.

SONRA
1663 İskoç matematikçi James Gregory, 1631 ve 1639'da Venüs'ün geçişlerine ilişkin gözlemleri kullanarak Yer ile Güneş arasındaki tam mesafeyi ölçmenin bir yolunu tasarlar.

1769 İngiliz kaşif Kaptan James Cook, Güney Pasifik'te Tahiti'de Venüs geçişini gözlemler ve kaydeder.

2012 Astronomlar 21. yüzyılın son Venüs geçişini gözlemler.

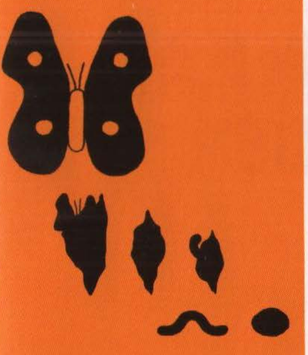
Gezegen geçişleri, Johannes Kepler'in gezegen devinimine ilişkin üç yasasından ilkini –gezegenler eliptik bir yörüngede Güneş'in etrafında döner– test etme fırsatı sunmaktaydı. Venüs ve Merkür'ün güneşin eğrisinin önünden kısa süreli geçişleri –o zamanlar Kepler'in Rudolphine Cetvelleriyle öngörülürdü– temelde yatan teorinin doğru olup olmadığını açığa çıkaracaktı.

İlk test –1631'de Fransız astronom Pierre Gassendi'nin gözlemlediği Merkür geçişi– umut verici oldu. Ne var ki, bir ay sonra Venüs'ün geçişini saptama girişimi, Kepler'in rakamlarındaki yanlışlıklar nedeniyle başarısız oldu. Bu aynı rakamlar, 1639'da Venüs ile Güneş'in "tehlikeli bir yakınlaşması"nı öngörmekteydi; ama İngiliz astronom Jeremiah Horrocks, aslında bir geçişin gerçekleşeceğini hesapladı.

4 Aralık 1639'da gündoğumunda, Horrocks en iyi teleskopunu kurup, Güneş kursunu bir karta odakladı. Öğleden sonra saat 15.15 civarında bulutlar dağıldı, Güneş'in önünden yavaş yavaş ilerleyen "sıra dışı büyüklükte bir leke" –Venüs– ortaya çıktı. Horrocks ilerleyişini karta işaretleyip her aralığın süresini ölçerken; bir arkadaşı da geçişi başka bir yerde ölçtü. Farklı bakış açılarından iki ölçü kümesini kullanan ve Venüs'ün Güneş'e göre çapını yeniden hesaplayan Horrocks, Yer'in Güneş'ten uzaklığını öncekilerden daha doğru tahmin edebildi.■

> “Venüs ile Güneş'in dikkate değer kavuşmasına ilişkin ilk haberimi aldım... çok muhteşem bir temaşa beklentisiyle, beni artan bir dikkatle gözlem yapmaya sevketti.”
> **Jeremiah Horrocks**

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41



ORGANİZMALAR BİR DİZİ ADIMDA GELİŞİR

JAN SWAMMERDAM (1637–1680)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ y.320 Aristoteles, kurtçukların ve böceklerin kendiliğinden üremeyle oluştuklarını ilan eder.

1651 William Harvey böcek larvasını "sürünen yumurta" ve pupayı içsel gelişimi yetersiz "ikinci yumurta" olarak görür.

1668 İtalyan Francesco Redi, kendiliğinden üremeyi çürüten ilk kanıtları verir.

SONRA
1859 Charles Darwin, bir böceğin yaşamının her evresinin o evredeki etkinliğine ve çevreye nasıl uyum sağladığını açıklar.

1913 İtalyan Antonio Berlese, bir böcek larvasının embriyo gelişiminin erken bir evresinde yumurtadan çıktığını öne sürer.

1930'lar İngiliz böcekbilimci Vincent Wigglesworth, yaşam döngülerini kontrol eden hormonlar bulur.

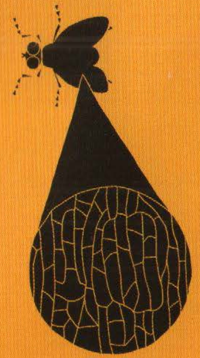
Bir kelebeğin yumurtadan tırtıla, kozaya ve erişkin kelebeğe başkalaşımı, bugün aşina olduğumuz bir süreçtir; ama 17. yüzyılda üremeye çok farklı bakılmaktaydı. Yunan filozof Aristoteles'in izinden giden pek çok kişi yaşamın –özellikle böcek gibi "alt" yaratıklar– canlı olmayan maddeden kendiliğinden üremeyle oluştuğuna inanırdı. "Ön-oluşumculuk" teorisine göre, "üst" bir organizma tam olgun biçimini minik başlangıcında alır, ama bu "alt" hayvanlar karmaşık iç organları olamayacak kadar basitti. 1669'da Felemenkli öncü mikroskopçu Jan Swammerdam, kelebek, yusufçuk, balarısı, eşekarısı ve karıncayı kapsayan böcekleri mikroskop altında parçalara ayırıp inceleyerek Aristoteles'i çürüttü.

> Bir bitin anatomisinde yığınlarca mucize görürsünüz, Tanrı'nın küçük bir noktada tezahür eden bilgeliğini görürsünüz.
> **Jan Swammerdam**

Yeni bir başkalaşım

"Başkalaşım" terimi, eskiden, bir bireyin ölümünden sonra onun kalıntılarından başka bir bireyin ortaya çıkması anlamına gelirdi. Swammerdam, bir böceğin yaşam döngüsündeki evrelerin –erişkin dişi, yumurta, larva ve pupa (ya da nimf), erişkin– aynı yaratığın farklı biçimleri olduğunu gösterdi. Her yaşam evresinin, daha sonraki evrelere ait organların erken versiyonlarının yanı sıra, kendine ait tam oluşmuş iç organları vardır. Bu açıdan bakıldığında böcekleri bilimsel olarak daha fazla incelemek gerekiyordu. Swammerdam, 43 yaşında sıtmadan ölmeden önce böcekleri üremelerine ve gelişimlerine göre sınıflandırmanın öncülüğünü yaptı. ■

Ayrıca bkz. Robert Hooke 54 ▪ Antonie van Leeuwenhoek 56–57 ▪ John Ray 60–61 ▪ Carl Linnaeus 74–75 ▪ Louis Pasteur 156–59



BÜTÜN CANLILAR HÜCRELERDEN OLUŞUR

ROBERT HOOKE (1635–1703)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
y. 1600 İlk bileşik mikroskop Hollanda'da, olasılıkla ya Hans Lippershey ya da Hans ve Zacharius Janssen tarafından geliştirilir.

1644 İtalyan rahip ve kendi kendini yetiştirmiş bilim insanı Giovanni Battista Odierna, bir mikroskop kullanarak ilk canlı doku tasvirini üretir.

SONRA
1674 Antonie van Leeuwenhoek mikroskop altında tek hücreli organizmaları gören ilk kişidir.

1682 Leeuwenhoek somon balığının kırmızı kan hücrelerinin içindeki çekirdekleri gözlemler.

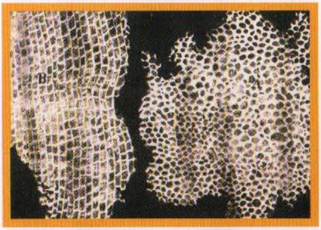
1931 Macar fizikçi Leó Szilárd'ın elektron mikroskobunu bulması, daha yüksek çözünürlükte görüntü oluşturmaya olanak verir.

17. yüzyılda bileşik mikroskobun geliştirilmesi, daha önce görülmeyen yapıların tamamen yeni dünyasını açtı. Basit bir mikroskop yalnızca bir mercekten oluştuğu halde, Felemenkli gözlükçülerin geliştirdiği bileşik mikroskop iki ya da daha fazla mercek kullanır ve genellikle daha fazla büyük gösterir.

İngiliz bilim insanı Robert Hooke, mikroskop kullanarak canlıları gözlemleyen ilk kişi değildi. Ama 1665'te Micrographia'sının yayımlanmasıyla birlikte, ilk çok satan popüler bilim yazarı oldu; yeni mikroskop bilimiyle okurlarını şaşkına çevirdi. Hooke'un kendisinin yaptığı aslına uygun bakır klişe çizimler, halkın daha önce hiç görmediği nesneleri –bitlerin ve pirelerin ayrıntılı anatomileri; bir sineğin petekgözü; bir tatarcığın ince kanatları– gösteriyordu. İnsan yapımı nesneler –bir iğrenin mikroskop altında küt görünen sivri ucu– de çizerek, gözlemlerinden yararlanarak, kristallerin nasıl oluştuğunu ve su donunca ne olduğunu da açıkladı. İngiliz günlük yazarı Samuel Pepys Micrographia'ya "hayatımda okuduğum en marifetli kitap" dedi.

Hücreleri tarif etmek

Hooke'un çizimlerinden biri, ince bir dilim mantarın çizimleriydi. Mantarın yapısında, bir manastırda keşişlerin hücrelerini ayıran duvarlara benzeyen bir şeyi fark etti. Bunlar, kayıtlara geçen ilk hücre –bütün canlı şeyleri oluşturan temel birim– tasvirleri ve çizimleriydi. ■



Hooke'un ölü mantar hücresi çizimleri, hücre duvarları arasındaki boş alanları gösterir –canlı hücreler protoplazma içerir. 16 cm^3 mantarda bir milyardan fazla hücre olduğunu hesapladı.

Ayrıca bkz. Antonie van Leeuwenhoek 56–57 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Lynn Margulis 300–01



KAYA TABAKALARI ÜST ÜSTE OLUŞUR

NICOLAS STENO (1638–1686)

KISACA

BİLİM DALI
Jeoloji

ÖNCE
Geç 15. yüzyıl Leonardo da Vinci, rüzgârın ve suyun arazi üzerinde ve malzemelerin yüzeyinde meydana getirdiği erozyona ve çökertiye ilişkin gözlemlerini yazar.

SONRA
1780'ler James Hutton, Steno'nun ilkelerini, zaman içinde geriye doğru giden sürekli ve döngüsel bir coğrafi sürece bağlar.

1810'lar Fransa'da George Cuvier ve Alexandre Brongniart, Britanya'da William Smith, Steno'nun stratigrafi ilkelerini coğrafi haritacılığa uygular.

1878 Paris'te ilk Uluslararası Coğrafya Kongresi, standart bir stratigrafik ölçek çıkarmanın prosedürlerini belirtir.

Yer yüzeyinin çoğunu oluşturan tortul kaya katmanı Yer'in jeolojik tarihinin temelini de oluşturur; bu tarih, genellikle altta en yaşlı üstte en genç katman bulunan tabakaların oluşturduğu bir sütun olarak tasvir edilir. Suyun ve kütleçekiminin kayaç biriktirme süreci yüzyıllardır bilinmekteydi; ama Danimarkalı piskopos ve bilim insanı Niels Stensius, namı diğer Nicolas Steno, sürecin temelinde yatan ilkeleri açıklayan ilk kişi oldu. İtalya'da Toscana'da yaptığı jeolojik katman gözlemlerinden çıkardığı sonuçları 1669'da yayımladı.

Steno'nun Binişme Yasasına göre her tekil tortul yatak ya da katman, kendi altındaki katmanlardan genç ve üstündekilerden yaşlıdır. Steno'nun özgün yatay ve yanal süreklilik ilkelerine göre, katmanlar yatay ve kesintisiz tabakalar olarak çökelir; kalkmış, katlanmış ya da kırılmış halde bulunurlarsa, çökelmeden sonra bozulma yaşamış olmalılar. Son olarak, geçişen ilişkiler ilkesine göre, "bir gövde ya da kesiklik bir katmanın içine geçerse, o katmandan sonra oluşmuş olmalıdır."



Kayaç katmanları, Steno'nun anladığı gibi, yatay tabakalar olarak yaşama başlar; daha sonra büyük güçlerin etkisiyle zamanla şekilleri bozulur ve bükülür.

Steno'nun içgörüleri, daha sonra Britanya'da William Smith ve Fransa'da Georges Cuvier ve Alexandre Brongniard gibi kişilerin coğrafi katmanları haritalamasına olanak verdi. Katmanların bütün dünyada birbiriyle ilişkilendirilebilen zaman-bağlantılı birimler şeklinde alt bölümlere ayrılmasına da olanak verdi. ■

Ayrıca bkz. James Hutton 96–101 ■ William Smith 115



MİKROSKOBİK HAYVAN GÖZLEMLERİ

ANTONIE VAN LEEUWENHOEK (1632–1723)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ 2000 Çinli bilim insanları çok küçük şeyleri görmek için cam merceklerden ve su dolu bir tüpten oluşan bir su mikroskobu yapar.

1267 İngiliz filozof Roger Bacon, teleskop ve mikroskop düşüncesini öne sürer.

y. 1600 Mikroskop Hollanda'da icat edilir.

1665 Robert Hooke canlı hücreleri gözlemler ve *Micrographia*'yı yayımlar.

SONRA
1841 İsviçreli anatomici Albert von Kölliker, her sperm ve yumurtanın çekirdekli bir hücre olduğunu bulgular.

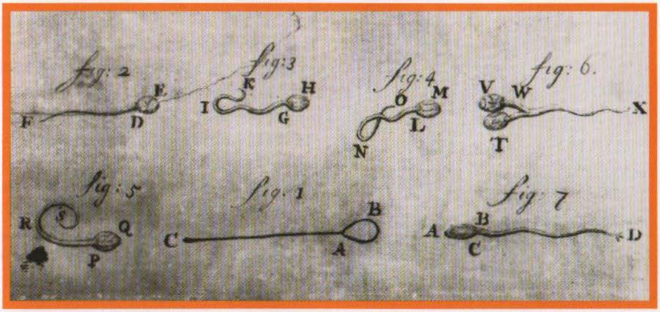
1951 Alman fizikçi Erwin Wilhelm Müller alan etkili mikroskobu icat eder ve atomları ilk kez görür.

Antonie van Leeuwenhoek Hollanda'da, Delft'te bir manifaturacının üstündeki evinden pek çıkmadı. Ama arka odasında kendi başına çalışarak tamamen yeni bir dünya keşfetti – insan spermi, kan hücreleri ve en önemlisi bakteriler de dahil, daha önce görülmemiş mikroskobik yaşam dünyası.

17. yüzyıldan önce çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük yaşamın varlığını kimse zannetmiyordu. Olası en küçük yaşam formunun pire olduğu sanılıyordu. Sonra 1600 civarında, daha fazla büyümelerini sağlamak için iki gözlük camını bir araya getiren Felemenkli gözlükçüler mikroskobu icat etti (s. 54). 1665'te İngiliz bilim insanı Robert Hooke, bir mikroskopla baktığı bir dilim mantarda gördüğü küçük canlı hücrelerin ilk çizimlerini yaptı.

Kendi gözleriyle göremedikleri bir yerde yaşam aramak, Hooke'un ve zamanın diğer mikroskopçularının aklına gelmedi. Leeuwenhoek ise, merceklerini yaşam yokmuş gibi görünen yerlere, özellikle de sıvılara çevirdi. Yağmur damlalarını, diş plağını, dışkıyı, spermi, kanı ve daha bir

Leeuwenhoek'in insan spermi çizimleri ilk kez 1719'da yayımlandığında, semende yüzen bu kadar küçük "hayvancıkların" bulunabileceğini birçok kişi kabul etmedi.



Ayrıca bkz. Robert Hooke 54 ▪ Louis Pasteur 156–59 ▪ Martinus Beijerinck 196–97 ▪ Lynn Margulis 300–01

Mikroskoplar görünür yaşam formlarının olmadığı yerlere çevrilebilir.

↓

Yüksek büyütmeli tek mercekli mikroskoplar sudaki ve diğer sıvılardaki **küçük "hayvancıkları"** açığa çıkarır.

↓

Dünya **mikroskobik**, tek hücreli **yaşam formlarıyla** doludur.

yığın şeyi inceledi. Leeuwenhoek mikroskobik yaşamın zenginliğini burada, görünürde cansız maddelerde keşfetti.

Hooke'tan farklı olarak Leeuwenhoek, iki mercekli "bileşik" bir mikroskop değil, yüksek kaliteli tek mercek –aslında büyüteç– kullandı. O sırada bu tür basit mikroskoplarla daha berrak resimler üretmek daha kolaydı. Bileşik mikroskoplarla 30 kattan fazla büyütmek, görüntü bulanıklaştığı için, olanaksızdı. Leeuwenhoek kendi tek mercekli mikroskoplarını yaptı ve yıllar içinde tekniğini geliştirdikten sonra, görüntüyü 200 kattan fazla büyütmeyi başardı. Onun mikroskopları yalnızca birkaç milimetre genişliğinde ince merceklerden oluşan küçük aygıtlardı. İncelenecek malzeme örneği merceğin bir yüzündeki bir iğnenin üzerine yerleştiriliyor ve Leeuwenhoek merceğin diğer yüzüne gözünü yaklaştırıyordu.

Tek hücreli yaşam

Leeuwenhoek başlangıçta sıradışı bir şey bulmadı; sonra 1674'te, göl suyundan alınan bir örnekte insanın saç kılından küçük minik yaratıklar gördüğünü bildirdi. Bunlar, şimdi protist olarak bilinen basit yaşam formlarının bir örneği olan yeşil alg *Spirogyra*'ydı. Leeuwenhoek bu küçük yaratıklara "hayvancık" dedi. Ekim 1676'da su damlalarında daha da küçük tek hücreli bakteriler keşfetti. Ertesi yıl kendi semeninin şimdi sperm dediğimiz küçük yaratıklarla nasıl kaynadığını tarif etti. Semendeki hayvancıklar, suda bulduğu yaratıklardan farklı olarak, özdeşti. Baktığı binlercesinden her birinin aynı ince kuyruğu ve aynı küçük kafası vardı, başka bir şeyleri yoktu ve semenin içinde iribaşlar gibi yüzdüklerini görebiliyordu.

Leeuwenhoek, Londra'da Kraliyet Derneğine yazdığı yüzlerce mektupla bulgularını rapor etti. Bulgularını yayımladığı halde, mercek yapım tekniklerini gizli tuttu. Küçük merceklerini ince cam iplikleri kaynaştırarak yapmış olabilir, ama emin değiliz. ▪



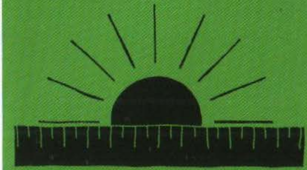
Antonie van Leeuwenhoek

Bir sepetçinin oğlu olan Antonie van Leeuwenhoek 1632'de Delft'te doğdu. Amcasının tuhafiyesinde çalıştıktan sonra, 20 yaşında kendi manifatura dükkânını açtı ve uzun ömrünün sonuna kadar orada kaldı.

Leeuwenhoek'in işi, bir mikroskopçu olarak hobisini sürdürmesine olanak verdi; Robert Hooke'un *Micrographia*'sının bir kopyasını da görmüş olabileceği Londra'yı 1668'de ziyaret ettikten sonra bu hobiyi edinmişti. 1673'ten itibaren bulgularını mektuplarla Kraliyet Derneğine bildirdi; tarihte Kraliyet Derneğine en fazla rapor yazan kişi oldu. Kraliyet Derneği başlangıçta amatörün raporlarına kuşkuyla baktı; ama Hooke, onun birçok deneyini tekrarladı ve keşiflerini doğruladı. Leeuwenhoek, birçoğu özel nesneleri görmek için tasarlanmış 500'den fazla mikroskop yaptı.

Önemli eserleri

1673 *Letter 1, Leeuwenhoek's first letter to the Royal Society*
1676 *Letter 18, revealing his discovery of bacteria*



IŞIĞIN HIZINI ÖLÇMEK

OLE RØMER (1644–1710)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi ve fizik

ÖNCE
1610 Galileo Galilei Jüpiter'in dört büyük uydusunu keşfeder.

1668 Giovanni Cassini Jüpiter uydularının tutulmalarını öngören ilk doğru cetveli yayımlar.

SONRA
1729 James Bradley yıldızların konumlarındaki değişimlere dayanarak ışığın hızını 301.000 km/sn olarak hesaplar.

1809 Jean-Baptiste Delambre Jüpiter uydularına ilişkin 150 yıllık gözlemleri kullanarak 300.300 km/sn'lik bir ışık hızı hesaplar.

1849 Hippolyte Fizeau astronomi verileri kullanmak yerine bir laboratuvarda ışığın hızını ölçer.

Jüpiter'in uydularının **tutulmaları kestirimlere** her zaman **uymaz.**

↓

Yer ile Jüpiter arasındaki **mesafe, gezegenler Güneş'in etrafında dönerken değişir.**

↓

Işık anında yayılmazsa, bu durum uyuşmazlıkları açıklar.

↓

Güneş Sistemindeki zaman farklılıklarından ve mesafelerden yola çıkılarak ışığın hızı ölçülebilir.

Jüpiter'in birçok uydusu vardır; ama geç 17. yüzyılda Ole Rømer kuzey Avrupa göklerini gözlemlediği sırada teleskopla yalnızca en büyük dördü (Io, Europa, Ganymede ve Callisto) görülürdü. Bu uydular Jüpiter'in oluşturduğu gölgeden geçerken tutulurlar ve belli zamanlarda, Yer'in ve Jüpiter'in Güneş'in etrafındaki göreli konumlarına bağlı olarak, gölgeye girerken ya da çıkarken gözlemlenebilirler. Yılın yaklaşık yarısı boyunca Güneş Yer ile Jüpiter arasında olduğu için, uyduların tutulmaları gözlemlenemez.

1660'ların sonunda Paris'te Kraliyet Gözlemevi müdürü Giovanni Cassini uyduların tutulmalarını kestiren bir cetvel yayımladı. Bu tutulmaların zamanını bilmek, boylamı çıkarmanın yeni bir yolunu sağladı. Boylamı ölçmek, verili bir konumdaki zaman ile referans bir boylam çizgisindeki (bu örnekte Paris) zaman arasındaki farkı bilmeye dayanır. En azından karada, Jüpiter'in bir uydusunun tutulma zamanını gözlemleyerek ve Paris'teki tahmini tutulma zamanıyla karşılaştırarak boylamı hesaplamak artık olanaklıydı. Bir

Ayrıca bkz. Galileo Galilei 42–43 ▪ John Michell 88–89 ▪ Léon Foucault 136–37

teleskobu geminin güvertesinde tutulmaları gözlemlemeye yetecek kadar sabit tutmak olanaklı değildi ve denizde boylam ölçmek, John Harrison 1730'larda ilk deniz kronometrelerini –denizde zaman ölçebilen saatler– yapana kadar olanaksız kaldı.

Hız sonlu mu sonsuz mu?

Rømer Io uydusunun iki yıllık bir dönemde alınan tutulma gözlemlerini inceledi ve bunları Cassini cetvellerinde öngörülen zamanlarla karşılaştırdı. Yer Jüpiter'e en yakın olduğu zaman alınan gözlemler ile en uzakta olduğu zaman alınan gözlemler arasında 11 dakikalık bir uyuşmazlık buldu. Bu uyuşmazlık, Yer'in, Jüpiter'in ya da Io'nun yörüngelerinde bilinen düzensizliklerle açıklanamazdı. Işığın Yer'in yörüngesinin çapını kat etmesi zaman almalıydı. Yer'in yörüngesini çapını bilen Rømer ışığın hızını ölçebilirdi. 214.000 km/sn'lik bir rakam çıkardı. Şimdiki değer 299.792 km/sn'dir; bu yüzden Rømer'in hesabı yaklaşık yüzde 25 eksiktir. Yine de mükemmel bir ilk yaklaşık değerdi ve ışığın sonlu bir hızı olup olmadığına ilişkin daha önce açık kalan sorunu çözdü.

İngiltere'de Isaac Newton, Rømer'in ışığın anlık yol almadığına ilişkin hipotezini kolayca kabul etti. Ne var ki, Rømer'in muhakemesini herkes kabul etmedi. Cassini, diğer uydulara ilişkin gözlemlerdeki uyuşmazlıkların henüz açıklanmadığına işaret etti. İngiliz astronom James Bradley 1729'da yıldız paralakslarını ölçerek (s. 39) daha doğru bir ışık hızı rakamı üretene kadar, Rømer'in bulguları genel kabul görmedi. ▪



Yer'in yörüngesinde 1. konumda Jüpiter'in uydusu Io'nun öngörülen tutulması, 2. konumda daha sonra gerçekleşmiş gibi görünür. Rømer, bunun ışığın Io'dan 1. konumda Yer'e ulaşmak için geçmek zorunda olduğu ekstra mesafeden kaynaklandığını düşündü.

> Yer'in çapına neredeyse eşit olan 3.000 fersahlık bir mesafeyi kat etmek için ışığın yalnızca bir saniye zamana ihtiyacı vardır.
> **Ole Rømer**

Ole Rømer

1644'te Danimarka kenti Aarhus'ta doğan Ole Rømer Kopenhag Üniversitesinde okudu. Üniversiteden ayrılınca, Tycho Brahe'nin astronomi gözlemlerinin yayına hazırlanmasına yardım etti. Rømer, Kopenhag'a yakın Uraniborg'da Brahe'nin eski gözlemevinden kendi gözlemlerini de yapıp, Jüpiter uydularının tutulma zamanlarını kaydetti. Oradan Paris'e taşındı ve Giovanni Cassini yönetimindeki Kraliyet Gözlemevi'nde çalıştı. 1679'da İngiltere'yi ziyaret etti ve Isaac Newton'la buluştu.

1681'de Kopenhag Üniversitesine dönen Rømer astronomi profesörü oldu. Ölçülerin ve ayarların, takvimin, yapı yönetmeliğinin, hatta su şebekelerinin modernleştirilmesiyle ilgilendi. Ne yazık ki, astronomi gözlemleri 1728'de çıkan bir yangında yok oldu.

Önemli eserleri

1677 *On the Motion of Light*



BİR TÜRÜN TOHUMUNDAN BAŞKA BİR TÜR ÇIKMAZ

JOHN RAY (1627–1705)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ 4. yüzyıl Yunanlar benzer şeylerden oluşan grupları tarif etmek için "cins" ve "tür" terimlerini kullanır.

1583 İtalyan botanikçi Andrea Cesalpino bitkileri tohumlar ve meyveler temelinde sınıflandırır.

1623 İsviçreli botanikçi Caspar Bauhin *Illustrated Exposition of Plants*'ta 6000'den fazla bitkiyi sınıflandırır.

SONRA
1690 İngiliz filozof John Lock, türlerin yapay kurgu olduğunu öne sürer.

1735 Carl Linnaeus bitkileri ve hayvanları sınıflandıran birçok eserinden ilkini, *Systema Naturae*'yi yayımlar.

1859 Charles Darwin *Türlerin Kökeni*'nde türlerin doğal seçilimle evrimini öne sürer.



Modern bitki ya da hayvan türü kavramı üremeye dayanır. Bir tür, fiilen ya da potansiyel olarak çiftleşip yavrulayabilen bütün bireyleri kapsar. İlk kez İngiliz doğa tarihçisi John Ray'ın 1686'da tanıttığı bu kavram hâlâ taksonominin –şimdi genetikçilerin önemli rol oynadığı sınıflandırma bilimi– dayanağıdır.

Metafiziksel yaklaşım

Bu dönemde "tür" kavramı yaygın kullanılmaktaydı; ama karışık bir biçimde dinle ve metafizikle –eski Yunanistan'dan kalan bir yaklaşım– bağlantılıydı. Yunan filozoflar Platon, Aristoteles ve Theophrastos sınıflandırmayı tartışmış ve canlı ya da cansız her çeşit şey gruplarını ve alt-gruplarını tarif etmek için "cins" ve "tür" gibi terimler kullanmıştı. Bunu yaparken "öz" ya da "can" gibi muğlâk niteliklere başvurmuşlardı. Haliyle bir türün üyeleri, aynı görünüşü ya da birleriyle çiftleşip üreme yeteneğini paylaştıkları için değil, aynı "özü" paylaştıkları için o türe aitti.

17. yüzyılda binlerce sınıflandırma vardı. Birçoğu harf sırasına göre ya da bitkileri tedavi edebildikleri hastalıklara göre sınıflandırmak gibi, folklordan türetilen gruplara göre

Ayrıca bkz. Jan Swammerdam 53 ▪ Carl Linnaeus 74–75 ▪ Christian Sprengel 104 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Michael Syvanen 318–19

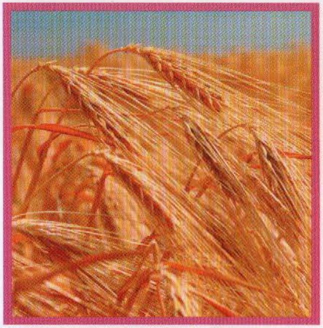
> Hiçbir şey aynı anda icat edilip kusursuzlaştırılmaz.
> **John Ray**

düzenlenmişti. 1666'da Ray, üç yıllık Avrupa turundan büyük bir hayvan ve bitki koleksiyonuyla döndü; bunları, meslektaşı Francis Willughby ile birlikte, daha bilimsel bir biçimde sınıflandırma niyetindeydi.

Pratik doğa

Ray pratik, gözleme dayanan yeni bir yaklaşım sundu. Bitkilerin köklerinden sap uçlarına ve çiçeklerine kadar bütün bölümlerini inceledi. "Taçyaprak" ve "polen" terimlerinin genel kullanıma girmesini teşvik etti ve sınıflandırmada tohum tipi gibi çiçek tipinin de önemli bir özellik olması gerektiğine karar verdi. Tek çenetliler (tohumları tek çenetli bitkiler) ve iki çenetliler (tohumları iki çenetli bitkiler) ayrımını da yaptı. Bununla birlikte, tür sayısının kullanışsız olacak kadar çoğalmasını önlemek için, sınıflandırma amacıyla kullanılan özellik sayısını sınırlamayı önerdi. Büyük eseri Historia Plantarum (Bitkilerin Tarihi) 1686, 1688 ve 1704'te üç cilt olarak yayımlandı ve 18.000'den fazla başlık içerir.

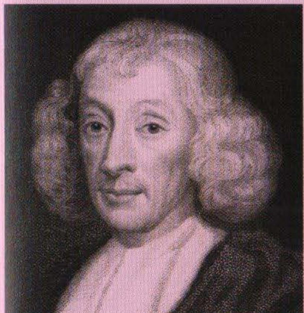
Ray'e göre üreme, bir türü tanımlamanın anahtarıydı. Kendi tanımının kaynağı, örnek toplama, tohum ekme ve çimlenmelerini gözlemleme deneyimiydi: Bitki "türlerini belirlemenin, tohumdan yayılarak kendini devam ettiren ayırt edici özelliklerden daha güvenli bir ölçüt aklıma gelmedi... Aynı şeklide farklı hayvanlar da kendi türlerini korur; bir türün tohumundan başka bir tür katiyen çıkmaz." Ray, bir doğru-üreme grubunun temelini attı ve bugün türler hâlâ buna göre tanımlanır.



Buğday Ray'ın tanımladığı gibi tek çenetlidir (tohumu tek çenet içeren bir bitki). Bu önemli besin ürününün yaklaşık 30 türü, 10.000 yıllık tarım kültüründen evrilmiştir ve hepsi Triticum cinsine aittir.

Bunu yaparken, botaniği ve zoolojiyi bilimsel uğraş haline getirdi. Çok dindar olan Ray çalışmalarını Tanrı'nın harikalarını sergilemenin bir yolu olarak gördü. ■

John Ray



1627'de Black Notley'de, İngiltere, doğan John Ray, köy nalbandı ile yerel otacının oğluydu. 16 yaşında Cambridge Üniversitesine gitti; 1660'da papaz oluncaya kadar, orada Yunancadan matematiğe kadar çeşitli konularda ders aldı ve ders verdi. 1650'de bir hastalığı atlatmak için doğa yürüyüşlerine çıkmıştı ve botaniğe merakı gelişti.

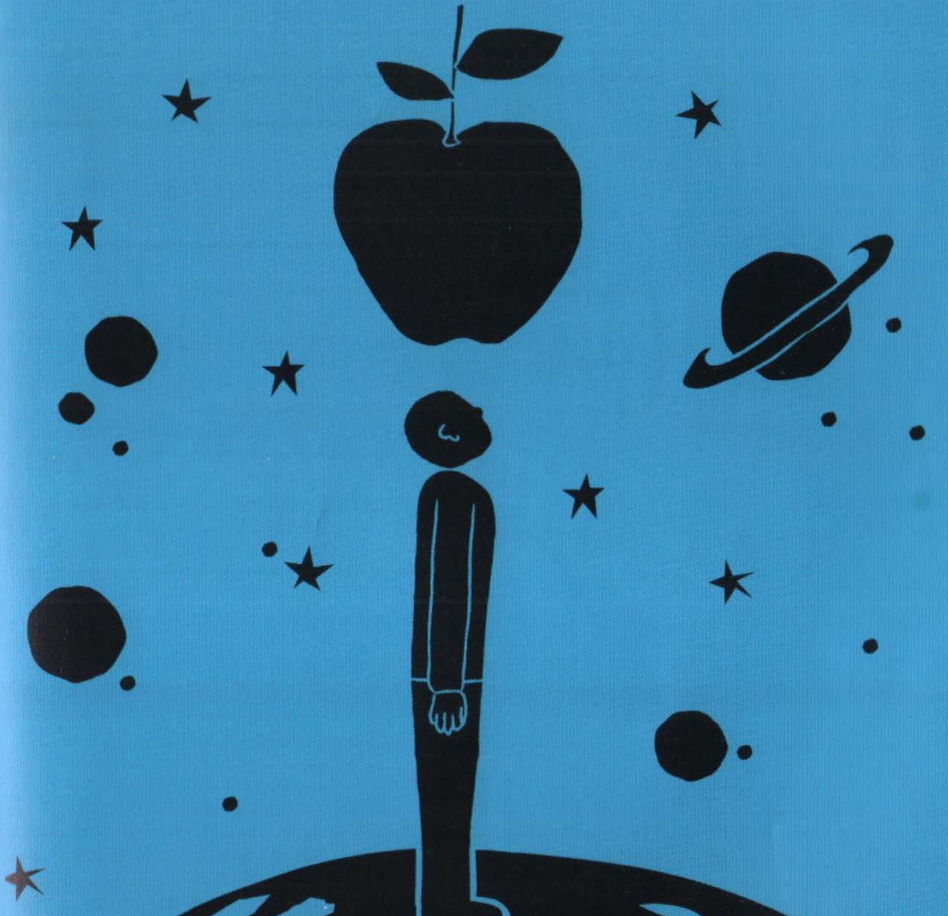
Zengin öğrencisi ve destekçisi Francis Willughby ile birlikte 1660'larda Britanya'yı ve Avrupa'yı dolaştı; hayvan ve bitki inceledi ve topladı. 1673'te Margaret Oakley'le evlendi ve Willughby'ın evinden ayrıldıktan sonra, 77 yaşına kadar Black Notley'de sakin bir yaşam sürdü. Son yıllarını daha iddialı bir bitki ve hayvan kataloğu hazırlamak için örnekler inceleyerek geçirdi. Bitkiler ve hayvanlar, taksonomileri, biçimleri ve işlevleri üzerine, teolojiyle ve gezileriyle ilgili 20'den fazla eser yazdı.

Önemli eserleri

1686–1704 *Historia Plantarum*

KÜTLE-ÇEKİM EVRENDEKİ HER ŞEYİ ETKİLER

ISAAC NEWTON (1642–1727)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1543 Nicolaus Copernicus gezegenlerin Yer'in etrafında değil, Güneş'in etrafında döndüklerini öne sürer.

1609 Johannes Kepler, gezegenlerin Güneş'in etrafında eliptik yörüngelerde serbestçe dolaştıklarını öne sürer.

1610 Galileo'nun astronomik gözlemleri Copernicus'un görüşlerini destekler.

SONRA
1846 Matematikçi Urbain Le Verrier Newton'ın yasalarını kullanıp Neptün'ün nerede olması gerektiğini hesapladıktan sonra, Johann Galle gezegeni keşfeder.

1859 Le Verrier, Newtoncı mekaniğin Merkür'ün yörüngesini açıklanmadığını bildirir.

1915 Genel görelilik teorisiyle Albert Einstein kütleçekimi, uzay-zaman eğriliği bakımından açıklar.

Elma neden yana ya da yukarıya değil de, **hep aşağıya düşer?**

Yer'in merkezine doğru bir çekim olmalı.

Bu çekim elmanın ötesine, **Ay'a kadar uzanabilir** mi? Öyleyse, Ay'ın yörüngesini etkiler.

Gerçekten Ay'ın yörüngesine **neden olabilir** mi? Bu durumda...

Kütleçekim Evren'deki her şeyi etkiler.

Isaac Newton doğduğu sırada, Yer'in ve diğer gezegenlerin Güneş'in etrafında döndüğü gün-merkezli Evren modeli, Güneş, Ay ve gezegenlerin gözlemlenen hareketlerine ilişkin kabul görün açıklamaydı. Bu model yeni değildi; ama Nicolaus Copernicus ömrünün son günlerinde, 1543'te düşüncelerini yayımlayınca, tekrar önem kazanmıştı. Copernicus'un modelinde Ay ve gezegenlerin her biri kendi kristalin küresinde Güneş'in etrafında dönmekteydi; bir dış küre de "sabit" yıldızları tutmaktaydı. Johannes Kepler 1609'da gezegen devinimine ilişkin kendi yasalarını yayımlayınca, bu model aşıldı. Kepler, Copernicus'un kristalin kürelerinden vazgeçti ve gezegenlerin yörüngelerinin elips, her elipsin bir odağının Güneş olduğunu gösterdi. Bir gezegenin hareket ettikçe hızının nasıl değiştiğini de açıkladı.

Bütün bu Evren modellerinde eksik olan bir şey vardı: Gezegenlerin neden o şekilde hareket ettiklerini açıklamak. Newton burada devreye girdi. Bir elmayı Yer'in merkezine doğru çeken kuvvetin, gezegenleri Güneş'in etrafında yörüngelerinde tutan kuvvetle aynı olduğunu anladı ve bu kuvvetin mesafeyle birlikte nasıl değiştiğini matematiksel olarak gösterdi. Kullandığı matematik, Newton'ın üç Hareket Yasası ile Evrensel Kütleçekim Yasasını gerektirdi.

Değişen düşünceler

Deney yapmadan sonuçlara varan Aristoteles'in düşünceleri bilimsel düşünmeye yüzyıllarca egemen olmuştu. Aristoteles, hareket eden nesnelerin itildikleri sürece harekete devam ettiklerini ve ağır nesnelerin hafif nesnelerden daha hızlı düştüklerini düşünüyordu. Aristo-

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41 ▪ Galileo Galilei 42–43 ▪ Christiaan Huygens 50–51 ▪ William Herschel 86–87 ▪ Albert Einstein 214–21

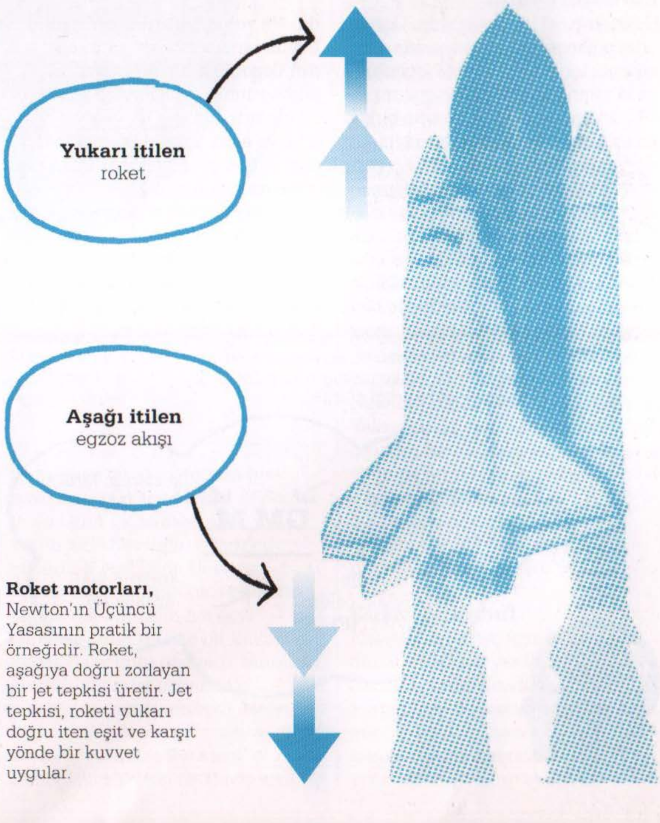
teles'e göre ağır nesneler doğal yerlerine doğru hareket ettikleri için Yer'e düşüyorlardı. Kusursuz olan göksel cisimlerin daireler halinde sabit hızlarda hareket ettiklerini de söylüyordu.

Galileo Galilei deneyle ulaşılan farklı bir düşünce kümesiyle ortaya çıktı. Rampalardan aşağı inen topları gözlemledi ve hava direnci en az düzeydeyse, bütün nesnelerin aynı hızda düştüklerini gösterdi. Hareket eden bütün nesnelerin, sürtünme gibi bir kuvvet yavaşlatmadıkça hareket etmeye devam ettikleri sonucuna da vardı. Galileo'nun Eylemsizlik İlkesi, Newton'un Birinci Hareket Yasasının parçası olacaktı. Sürtünme ve hava direnci, gündelik yaşamda karşılaştığımız hareket eden nesneler üzerinde etkili olduğu için, sürtünme kavramı tüm çıplaklığıyla ortada değildir. Galileo, bir şeyi sabit bir hızda hareket ettiren kuvvetin yalnızca sürtünmeye karşı koyması gerektiğini dikkatli deneylerle gösterebildi.

Hareket Yasaları

Newton birçok konuda deneyler yaptı; ama hareketle ilgili yaptığı deneylerin kayıtları yoktur. Ama üç yasası birçok deneyle doğrulandı; ışık hızının altındaki hızlar için doğruluğunu koruyor. Newton birinci yasasını şöyle ifade etti: "Her cisim durumunu değiştirmeye mecbur eden kuvvetler tarafından etkilenmediği sürece, hareketsizlik durumunu ya da doğru bir çizgide tekdüze hareket durumunu korur." Başka bir deyişle, duran bir nesne ancak bir kuvvet etkilerse hareket etmeye başlar ve hareket eden bir nesne, bir kuvvet etkilemediği sürece, sabit hız yöneyiyle hareket etmeye devam eder. Burada hız yöneyi hareket eden bir nesnenin hem yönünü hem hızını ifade eder. Bu yüzden bir nesne ancak bir kuvvet etki ederse hızını ya da yönünü değiştirir. Önemli olan kuvvet, net kuvvettir. Hareket eden bir arabaya etki eden birçok kuvvet (sürtünmeyi ve hava direncini de kapsayan) ve tekerlekleri hareket ettiren motoru vardır. Arabayı ileri iten kuvvetler arabayı yavaşlatmaya çalışan kuvvetleri dengeliyorsa, net kuvvet yoktur ve araba sabit bir hız yöneyini sürdürür.

Newton'ın İkinci Yasasına göre bir cismin ivmesi (hız değişimi) etki eden kuvvetin büyüklüğüne bağlıdır ve genellikle $F = ma$ olarak yazılır; burada "F" kuvvet, "m" kütle ve "a" ivmedir. Bu, bir cismin üzerindeki kuvvet ne kadar büyükse ivmesinin o kadar büyük olduğunu gösterir. İvmenin bir cismin kütlesine bağlı olduğunu da gösterir. Verili bir kuvvet için küçük kütleli bir cisim, büyük kütleli bir cisimden daha fazla ivme kazanır.



Roket motorları, Newton'ın Üçüncü Yasasının pratik bir örneğidir. Roket, aşağıya doğru zorlayan bir jet tepkisi üretir. Jet tepkisi, roketi yukarı doğru iten eşit ve karşıt yönde bir kuvvet uygular.

Üçüncü Yasaya göre "her etkinin eşit ve karşıt bir tepkisi vardır." Yani bütün kuvvetler çiftler halinde vardır: Bir nesne ikinci bir nesnenin üzerine bir kuvvet uygularsa, ikinci nesne birinci nesneye eşzamanlı bir kuvvet uygular ve bu iki kuvvet eşit ve karşıttır. "Etki" terimine rağmen, bunun doğru olması için hareket gerekmez. Bu, Newton'ın kütleçekimle ilgili düşünceleriyle ilişkilidir; çünkü Üçüncü Yasasının bir örneği, cisimler arasındaki kütleçekimdir. Yalnızca Yer Ay'ı çekmiyor, Ay da aynı kuvvetle Yer'i çekiyor.

Evrensel çekim

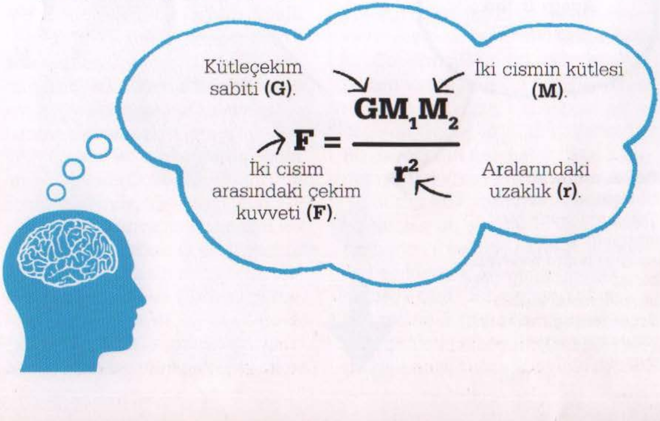
Newton 1660'ların sonunda, Cambridge'i kasıp kavuran vebadan sakınmak için iki yıllığına Woolsthrope köyüne çekilince kütleçekimi düşünmeye başladı. O sırada birkaç kişi, Güneş'ten gelen çekici bir kuvvet bulunduğunu ve bu kuvvetin büyüklüğünün uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğunu öne sürmüştü. Başka bir deyişle, Güneş ile başka bir cisim arasındaki uzaklık iki katına çıkarsa, aralarındaki kuvvet ilk kuvvetin yalnızca dörtte biridir. Ne var ki, bu kuralın Yer gibi büyük bir cismin yüzeyinde geçerli olabileceği bir elmanın ağaçtan düştüğünü gören Newton şu sonucu çıkardı: Elmayı Yer çekiyor olmalı ve elma yere her zaman dik düştüğüne göre, düşüş yönü Yer'in merkezine doğruydu. Bu yüzden Yer ile elma arasındaki çekim kuvveti, Yer'in merkezinden kaynaklanıyormuş gibi hareket etmelidir. Bu düşünceler, Güneş'i ve gezegenleri büyük kütleli küçük noktalar şeklinde ele almanın yolunu açtı. Newton, elmayı düşüren kuvvetin gezegenleri yörüngelerinde tutan kuvvetlerden farklı olduğunu düşünmek için hiçbir neden görmüyordu. Bu nedenle kütleçekim evrensel bir kuvvetti.

> Kütleçekimin bu özelliklerinin nedenini olgulardan keşfedemedim ve hiçbir hipotez ortaya koymuyorum.
> **Isaac Newton**

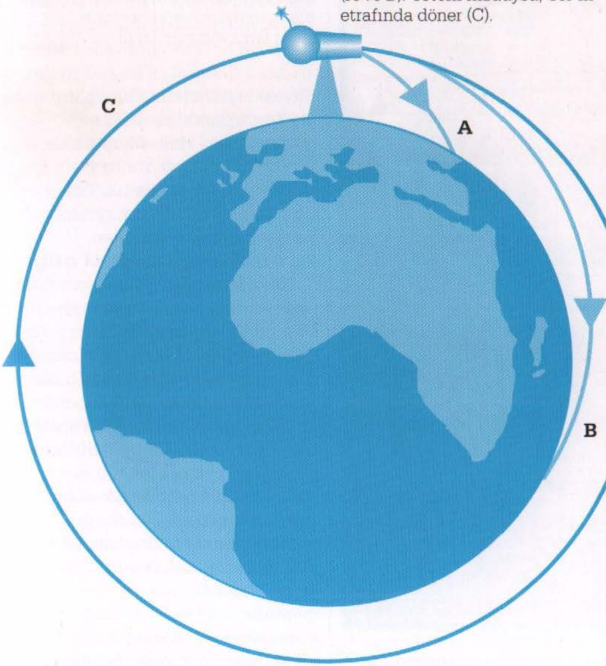
Newton'ın kütleçekim teorisi düşen cisimlere uygulanırsa, Yer'in kütlesi M_1'dir, düşen nesnenin kütlesi için M_2'dir. Bu durumda bir nesnenin kütlesi ne kadar büyükse, onu aşağı çeken kuvvet de o kadar büyüktür. Ne var ki, Newton'ın İkinci Yasasına göre, eğer kuvvet aynıysa daha büyük bir kütle daha küçük bir kütle kadar çabuk ivme kazanmaz. Bu yüzden daha büyük kütlenin ivme kazanması için daha büyük kuvvete ihtiyaç vardır ve işleri karıştıran hava direnci gibi başka kuvvetler olmadığı sürece, bütün nesneler aynı hızda düşer. Hava direnci olmasa, bir çekiş ile bir tüy aynı hızda düşer –Apollo 15 seferi sırasında bu deneyi Ay'ın yüzeyinde gerçekleştiren astronot Dave Scott'un 1971'de kanıtladığı bir olgu.

Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*'nın erken bir taslağında yürüngeleri açıklamak için bir düşünce deneyi tasvir etti. Çok yüksek bir dağın üzerinde giderek artan hızlarda gülle atışı yapan bir top hayal etti. Ateşlenen güllenin hızı ne kadar yüksekse, gülle o kadar uzakta yere düşer. Yeterince hızlı fırlatılırsa yere düşmez, tekrar dağın tepesine gelinceye kadar Yer'in etrafında yoluna devam eder. Aynı şekilde, doğru hızda yörüngesine fırlatılan bir uydu da Yer'in etrafında dönmeye devam edecektir. Yer'in çekimi uyduya sürekli hız kazandırır. Sabit bir hızda hareket eder, ama yönü sürekli değişiyor, düz bir çizgide uzaya savrulmak yerine gezegenin etrafında dolanır. Bu durumda Yer'in kütleçekimi uydunun hızını değil, yalnızca hız

Newton'ın Kütleçekim Yasası, üretilen kuvvetin iki nesnenin kütlesine ve aralarındaki uzaklığın karesine bağlı olduğunu gösteren aşağıdaki eşitliği üretir.



Ateşlenen bir top güllesinin hızı yetersizse, kütleçekim onun Yer'e çeker (A ve B). Yeterli hızdaysa, Yer'in etrafında döner (C).



Newton'ın düşünce deneyi, yüksek bir dağdan yatay ateşlenen bir topu tasvir etmekteydi. Top güllesini atan kuvvet ne kadar büyükse, o kadar uzağa düşer. Yeterince güçlü atılırsa, gezegenin etrafında dönüp dağa geri döner.

yöneyinin yönünü değiştirir.

Düşünceleri yayımlamak

1684'te Robert Hooke, gezegen deviniminin yasalarını keşfettiğini arkadaşları Edmond Halley ve Christopher Wren'e övünerek anlattı. Halley, Newton'un da arkadaşıydı ve bunu ona sordu. Newton sorunu daha önce çözdüğünü, notlarını kaybettiğini söyledi. Halley, Newton'ı çalışmayı yeniden yapmaya teşvik etti ve bunun sonucunda, 1684'te Kraliyet Derneğine gönderilen kısa bir elyazması, *On the Motion of Bodies in an Orbit*'i [*Cisimlerin Bir Yörüngede Devinimi Üzerine*] çıkardı. Bu tebliğde Newton, Kepler'in tarif ettiği gezegenlerin eliptik deviniminin her şeyi Güneş'e doğru çeken bir kuvvetten kaynaklandığını gösterdi; buradaki kuvvet, cisimler arasındaki mesafeyle ters orantılıydı. Newton üç cilt halinde yayımlanan ve diğer şeylerin yanı sıra Evrensel Kütleçekim Yasası ile Newton'ın Üç Hareket Yasasını da içeren *Principia Mathematica*'da o çalışmasını genişletti, hareket ve kuvvetle ilgili diğer çalışmalarını da ekledi. Kitaplar Latince yazıldı ve *Principia Mathematica*'nın üçüncü baskısını esas alan ilk İngilizce çeviri 1729'da yayımlandı.

Hooke'un Newton'ın ışık teorisine yöneltiği eleştiriler nedeniyle Hooke ile Newton'ın arası zaten açıktı. Ne var ki, Newton'ın yayımından sonra, Hooke'un gezegen devinimine ilişkin çalışmalarının çoğu gölgede kaldı. Ama Hooke böyle bir yasayı öne süren tek kişi değildi ve işe yaradığını da kanıtlamamıştı. Newton, kendi Evrensel Kütleçekim Yasasının ve hareket yasalarının gezegenlerin ve kuyrukluyıldızların yörüngelerini açıklamak için matematiksel olarak kullanılabildiğini ve bu açıklamaların gözlemlere uyduğunu göstermişti.

> Önümde büyük hakikat okyanusu keşfedilmemiş duruyorken, şahsen kumsalda oynayan bir çocuktan farkım yok.
> **Isaac Newton**

Kuşkulu kabul

Newton'ın kütleçekimle ilgili düşünceleri her yerde iyi karşılanmadı. Newton'ın kütleçekim kuvvetinin "uzaktan etki"si, nasıl ve neden gerçekleştiğini açıklamanın bir yolu olmadığı için, "okült" bir



Newton yasaları, 1066'da göründükten sonra Bayeux Gobleni'nde gösterilen Halley kuyrukluyıldızı gibi gök cisimlerinin yörüngelerini hesaplama aletlerini sağladı.

düşünce olarak görüldü. Newton, kütleçekimin doğası üzerine yorumda bulunmak istemedi. Ona göre ters-kare çekim düşüncesinin gezegen devinimlerini açıklayabildiğini ve dolayısıyla matematiğin doğru olduğunu göstermiş olması yeterliydi. Bununla birlikte, Newton'ın yasaları o kadar çok olguyu açıklıyordu ki, kısa sürede yaygın kabul gördü ve bugün uluslararası kullanılan kuvvet birimi, onun adıyla anılır.

Denklem kullanmak

Edmond Halley Newton'ın denklemlerini kullanarak, 1682'de görülen bir kuyrukluyıldızın yörüngesini hesapladı ve 1531 ile 1607'de gözlemlenen kuyrukluyıldızla aynı olduğunu gösterdi. Bu kuyrukluyıldıza şimdi Halley kuyrukluyıldızı deniliyor. Halley, 1758'de –ölümünden 16 yıl sonra– geri geleceğini başarılı bir biçimde öngördü.

> Kendi kendine, elmanın neden her zaman yere dik indiğini düşündü...
> **William Stukeley**

Kuyrukluyıldızların Güneş'in etrafında döndüğü ilk kez gösterilmişti. Halley kuyrukluyıldızı her 75-76 yılda bir Yer'in yakınından geçer ve 1066'da Güney İngiltere'de Hastings Savaşı'ndan önce görülen kuyrukluyıldız da oydu.

Denklemler yeni bir gezegenin keşfedilmesinde de kullanıldı. Uranüs Güneş'in yedinci gezegenidir ve 1781'de William Herschel tarafından gezegen olarak tanımlandı. Herschel gezegeni, gece gökyüzünde gözlem yaparken tesadüfen buldu. Daha ileri Uranüs gözlemleri astronomların yörüngesini hesaplamalarına ve gelecek tarihlerde nerede gözlenebileceğini öngören cetveller üretmelerine olanak verdi. Ne var ki, bu öngörüler her zaman doğru çıkmadı ve Uranüs'ün ötesinde kütleçekimle Uranüs'ün yörüngesini etkileyen başka bir gezegen olması gerektiği düşüncesine yol açtı. 1845'e gelindiğinde astronomlar bu sekizinci gezegenin gökyüzünde nerede olması gerektiğini hesaplamıştı ve 1846'da Neptün keşfedildi.

Teorinin sorunları

Eliptik yörüngeli bir gezegenin güneşe en fazla yaklaştığı noktaya günberi denilir. Güneş'in etrafında dönen yalnızca bir gezegen olsaydı, yörüngesinin günberisi aynı yerde kalırdı. Ne var ki, Güneş Sistemimizdeki bütün gezegenler birbirlerini etkiler, bu yüzden günberiler Güneş'in etrafında yalpalar (döner). Bütün gezegenler gibi Merkür'ün günberisi de

yalpalar, ama yalpalama, Newton denklemleri kullanılarak tam açıklanamaz. Bu, 1859'da bir sorun olarak kabul edildi. 50 yıldan fazla bir süre sonra Einstein'ın Genel Görelilik Teorisi kütleçekimi uzay-zaman eğriliğinin bir etkisi olarak tarif etti ve bu teoriye dayanan hesaplamalar, Merkür yörüngesinin gözlemlenen yalpalamasını ve Newton'ın yasalarına bağlı olmayan diğer gözlemleri açıklar.

Bugün Newton yasaları

Newton yasaları, "klasik mekanik" denilen şeyin –hareket ve kuvvetin etkilerini hesaplamak için kullanılan bir dizi denklem– temelini oluşturur. Bu yasalar, Einstein'ın görelilik teorilerine dayanan denklemlerle aşılmış olmalarına rağmen, söz konusu hareket ışık hızına kıyasla küçük olduğu sürece iki yasa kümesi hemfikirdir. Bu yüzden, uçakların ve arabaların tasarımında ya da bir gökdelenin bileşenlerinin ne kadar güçlü olması gerektiğini ortaya çıkarmada kullanılan hesaplamalar için, klasik mekaniğin denklemleri hem yeterince doğrudur hem kullanımı daha kolaydır. Newton mekaniği harfi harfine doğru olmayabilir, ama hâlâ yaygın olarak kullanılmaktadır.■

> Doğa ve doğanın yasaları gece karanlığında gizliydi; Tanrı 'Newton olsun' dedi ve her şey aydınlandı.
> **Alexander Pope**



Merkür'ün yörüngesinin yalpalaması (dönme ekseninde değişme), Newton yasalarıyla açıklanamayan ilk olguydu.



Isaac Newton

1642'de Noel Günü doğan Isaac Newton, 1665'te mezun olduğu Cambridge'deki Trinity College'de okumadan önce, Grantham'da okula gitti. Ömrü süresince Newton Cambridge'de matematik profesörü, Kraliyet Darphanesi müdürü, Cambridge Üniversitesinin parlamento temsilcisi ve Kraliyet Derneği başkanı oldu. Newton, Hooke'la anlaşmazlığının yanı sıra, Alman matematikçi Gottfried Leibnitz'le de kalkülüsün geliştirilmesinde öncelik konusunda bir kan davası güttü.

Newton bilimsel çalışmalarına ek olarak, simya araştırmalarına ve Kitabı Mukaddes yorumlarına da epeyce zaman harcadı. İnançlı ama alışılmışın dışında bir Hıristiyan olan Newton, üstlendiği bazı görevler gerektirmesine rağmen, rahip olarak atanmaktan sakınmayı başardı.

Önemli eserleri

1684 *On the Motion of Bodies in an Orbit*
1687 *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*
1704 *Opticks*

GENİŞL
UFUKL
1700–1800

EYEN

AR

1727
İngiliz din adamı Stephen Hales **kök basıncını** gösteren *Vegetable Statick*'i yayımlar.

1735
İsveçli botanikçi Carl Linnaeus **flora ve fauna sınıflandırmasının** başlangıcı olan *Systema Naturae*'yi yayımlar.

1735
George Hadley on yıllarca meçhul kalan kısa bir kitapçıkta **ticaret rüzgârlarının** davranışını açıklar.

1738
Daniel Bernoulli **gazların kinetik teorisinin** temelini atan *Hydrodynamica*'yı yayımlar.

1749
Georges-Louis Leclerc, daha sonra **Comte de Buffon,** *Histoire Naturelle*'nin ilk cildini yayımlar.

1754
Joseph Black'in karbonatlar üzerine doktora tezi, **nicel kimyada** öncü eserdir.

1766
Henry Cavendish, çinkoyu asitle tepkimeye sokarak hidrojen ya da **yanar hava** yapar.

1770
Amerikalı diplomat ve bilim insanı Benjamin Franklin, **Gulf Stream akıntısının bir haritasını** yayımlar.

17. yüzyılın sonunda Isaac Newton hareket ve kütleçekim yasalarını saptayarak, bilimi her zamankinden daha kesin ve matematiksel hale getirdi. Çeşitli alanlarda bilim insanları Evren'i yöneten temel ilkeleri tanımladı ve bilimsel araştırmanın çeşitli kolları giderek daha fazla uzmanlaştı.

Akışkan dinamiği

1720'lerde İngiliz din adamı Stephen Hales bitkilerle bir dizi deney yaparak kök basıncını – bitkilerin sapı bu sayede yükselir– keşfetti ve laboratuvarda gaz toplama aygıtını, pnömatik hazneyi icat etti; bu aygıtın daha sonra havanın bileşenlerini saptamada yararlı olduğu anlaşıldı. İsviçreli matematikçi bir ailenin en parlak üyesi olan Daniel Bernoulli, Bernoulli formüle etti – bir akışkan hareket edince basıncı düşer. Bu, kan basıncını ölçmesini olanaklı kıldı. Bu, aynı zamanda uçakların uçmasına olanak veren ilkedir de.

Daha sonra gizil ısı teorisini formüle edecek olan İskoç kimyacı Joseph Black 1754'te, kalsiyum karbonatın bozunması ve "sabit hava"nın, yani karbondioksitin oluşması üzerine dikkate değer bir doktora tezi üretti. Bu tez, kimyasal araştırma ve keşif alanında zincirleme bir tepkimenin kıvılcımını çaktı. İngiltere'de münzevi deha Henry Cavendish hidrojen gazını yalıttı ve suyun iki parça hidrojen ile bir parça oksijenden oluştuğunu kanıtladı. Muhalif papaz Joseph Priestley oksijeni ve başka birçok yeni gazı yalıttı. Felemenkli Jan Ingenhousz, Priestley'in bıraktığı yerden devam etti ve yeşil bitkilerin gün ışığında oksijen, karanlıkta karbondioksit saldıklarını gösterdi. Bu arada Fransa'da Antoine Lavoisier karbon, kükürt ve fosfor dahil, birçok elementin oksijenle birleşerek yandığını ve bugün bizin oksit dediğimiz şeyi oluşturduğunu gösterip, yanıcı malzemelerin yanmalarını sağlayan ve flojiston denilen bir madde içerdiğine ilişkin teoriyi çürüttü. (Ne yazık ki, Fransız devrimciler Lavoisier'i giyotine gönderecekti.)

1793'te Fransız kimyacı Joseph Proust, kimyasal elementlerin neredeyse her zaman belirli oranlarda birleştiklerini keşfetti. Bu, basit bileşiklerin formüllerini çıkarma yönünde yaşamsal bir adımdı.

1774 Joseph Priestley bir büyüteç ve Güneş ışığı kullanıp cıva oksidi ısıtarak oksijen meydana getirir; buna **flojistonsuz hava** der.

1774 Antoine Lavoisier, Priestley'den tekniği öğrendikten sonra, aynı gazı meydana getirir ve adına **oksijen** der.

1774 Nevil Maskelyne, bir dağın kütleçekimini ölçerek **Yer'in yoğunluğunu** hesaplar.

1779 Jan Ingenhousz yeşil bitkilerin gündüz dışarıya oksijen verdiklerini keşfeder; bu, **fotosentezdir.**

1788 James Hutton **Yer'in yaşıyla** ilgili teorisini yayımlar.

1793 Christian Sprengel, tozlaşma üzerine kitabında **bitki cinselliğini** tasvir eder.

1798 Thomas Malthus **insan nüfusu** üzerine, daha sonra Charles Darwin ve Alfred Russel Wallace'ı etkileyen ilk denemesini çıkarır.

1799 Alessandro Volta **elektrik bataryasını** icat eder.

Yer bilimleri

Terazinin diğer ucuna Yer süreçlerine ilişkin bilgi büyük ilerlemeler kaydediyordu. Amerika'da Benjamin Franklin, şimşeğin bir elektrik biçimi olduğunu kanıtlamak için tehlikeli bir deney yapmanın dışında, Gulf Stream araştırmalarıyla büyük ölçekli okyanus akıntılarının varlığını kanıtladı. İngiliz hukukçu ve amatör meteorolog George Hadley, ticaret rüzgârlarını Yer'in dönüşüyle ilişki içinde açıklayan kısa bir kitapçık yayımlarken; Newton'ın bir düşüncesine sarılan Nevil Maskelyne, bir İskoç dağının kütleçekimini ölçmek için ağır hava koşullarında birkaç ay kamp kurdu. Bunu yaparken Yer'in yoğunluğunu ortaya çıkardı. James Hutton İskoçya'da çiftlik miras aldıktan sonra jeolojiyle ilgilenmeye başladı ve Yer'in daha önce sanılandan daha yaşlı olduğunu ortaya çıkardı.

Yaşamı Anlamak

Bilim insanları Yer'in aşırı yaşını öğrenince, yaşamın nasıl başladığına ve evrildiğine ilişkin yeni düşünceler ortaya çıkmaya başladı. Zamanının ötesinde Fransız yazar, doğa bilimci ve matematikçi Georges-Louis Leclerc, diğer adıyla Comte de Buffon, modern evrim teorisi yönünde ilk adımları attı. Alman teolog Christian Sprengel ömrünün çoğunu bitkilerle böceklerin etkileşimini inceleyerek geçirdi ve erdişi çiçeklerin erkek ve dişi organları farklı zamanlarda çıkardıklarını, dolayısıyla kendi kendilerini döllemediklerini açıkladı. İngiliz rahip Thomas Malthus dikkatini demografiye verdi ve nüfus arttıkça felaket öngören *An Essay on the Principle of Population*'ı yazdı. Malthus'un kötümserliğinin yersiz olduğu (şimdiye kadar) anlaşıldı; ama kontrol edilmezse nüfus artışının kaynakları aşacağı düşüncesi, daha sonra Charles Darwin'i etkileyecekti.

Yüzyılın sonunda İtalyan fizikçi Alessandro Volta, izleyen on yıllarda ilerlemeleri hızlandıracak elektrik bataryasını icat ederek yeni bir dünyanın kapısını açtı. 18. yüzyıl boyunca öyle bir ilerleme olmuştu ki, İngiliz filozof William Whewell, filozoftan farklı yeni bir mesleğin yaratılmasına önerdi: "Genel olarak bilimle uğraşan birini tarif etmek için bir ada çok ihtiyacımız var. Ben bilim insanı deme eğilimindeyim." ■



DOĞA SIÇRAMALARLA VE ATLAMALARLA İLERLEMEZ

CARL LINNAEUS (1707–1778)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ y. 320 Aristoteles benzer organizmaları basitten karmaşığa doğru gruplandırır.

1686 John Ray *Historia Plantarum*'da biyolojik bir türü tanımlar.

SONRA
1817 Fransız zoolog Georges Cuvier fosil ve canlı hayvan incelerken Linnaeus hiyerarşisini genişletir.

1859 Charles Darwin'in *Türlerin Kökeni* türlerin oluşmasını ve evrim teorisiyle ilişkisini açıklar.

1866 Alman biyolog Ernst Haeckel filogenetik olarak bilinen soy evrimini incelemeye öncülük eder.

1950 Willi Hennig yeni bir sınıflandırma sistemini, evrimsel bağlantı arayan kladistiğe dayandırır.

Doğal dünyayı adlandırılmış ve tarif edilmiş organizma gruplarının oluşturduğu açık bir hiyerarşi şeklinde sınıflandırmak, biyolojik bilimlerin temel taşıdır. Bu gruplar yaşamın çeşitliliğini anlamlandırmaya yardım eder, bilim insanlarının milyonlarca bireysel organizmayı karşılaştırmalarına ve tanımlamalarına olanak verir. Modern taksonomi –organizmaların saptama, adlandırma ve sınıflandırma bilimi– İsveçli doğa bilimci Carl Linnaeus ile başladı. Bitkilerin ve hayvanların ayırt edici fiziksel özelliklerini kapsamlı ve ayrıntılı inceleyerek sistematik bir hiyerarşi kuran ilk kişiydi. Farklı organizmaları adlandırmanın bir yolunu da açtı; bu yol bugün hâlâ kullanılır.

İlk sınıflandırmaların en nüfuzlusu, Yunan filozof Aristoteles'inkiydi. *History of Animals*'de [Hayvanların Tarihi] benzer hayvanları geniş cinsler şeklinde gruplandırdı, her grup içindeki türleri ayırt etti, tabanda bitkiler ve en tepede insanlar olmak üzere, biçim ve amaç bakımından giderek karmaşıklaşan 11 basamaklı bir *scala naturae*'ye, yani "yaşam merdiveni"ne dizdi.

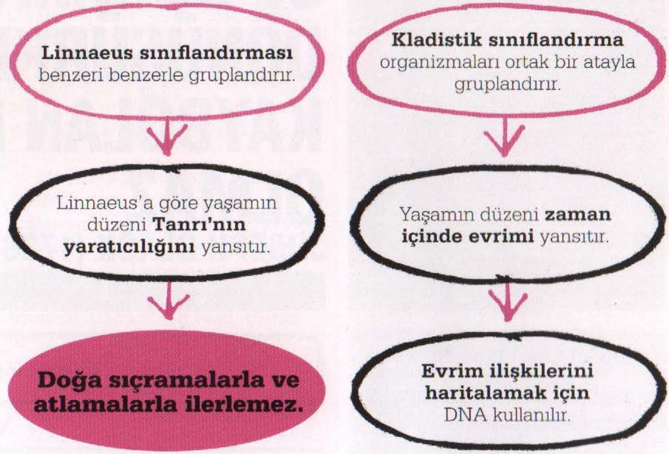
Sonraki yüzyıllarda, çok sayıda karışık bitki ve hayvan adı ve tarifi ortaya çıktı. 17. yüzyıla gelindiğinde bilim insanları daha uygun ve daha tutarlı bir sistem kurmaya çalışıyorlardı. 1686'da İngiliz botanikçi John Ray bitkilerin ya da hayvanların birbirleriyle üreme yeteneklerine göre tanımlanan biyolojik tür kavramını oraya attı ve bu, bugün de en yaygın kabul gören tanımdır.



Linnaeus'un sistemi organizmaları ayırt edici ortak özelliklerine göre gruplandırır. Bir kaplan, Memeliler sınıfının Etoburlar takımında yer alan Kedigiller familyasına mensuptur.

Ayrıca bkz. Jan Swammerdam 53 ▪ John Ray 60–61 ▪ Jean-Baptiste Lamarck 118 ▪ Charles Darwin 142–49

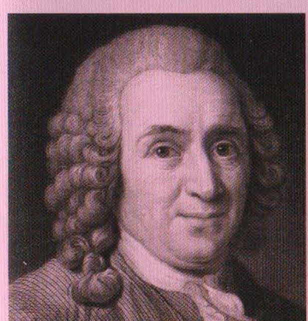
1735'te Linnaeus 12 sayfalık bir kitapçıkta bir sınıflandırma çıkardı; kitapçık büyüyüp 1778'de devasa 12. basımını yaptı ve cins düşüncesini geliştirip, ayırt edici ortak fiziksel özelliklere dayalı bir grup hiyerarşisine dönüştürdü. Hiyerarşinin tepesinde üç alem vardı: hayvanlar, bitkiler ve mineraller alemi. Alemler filumlara, filumlar sınıflara, sınıflar takımlara, takımlar familyalara, familyalar cinslere ve cinsler türlere bölünüyordu. İki parçalı Latince bir ad –*Homo sapiens*'te olduğu gibi, parçalardan biri cinsin adı, diğeri o cins içindeki türün adı– kullanarak türleri adlandırmayı da istikrara kavuşturdu; Linnaeus insanları hayvan olarak tanımlayan ilk kişiydi.



Tanrı vergisi düzen

Linnaeus'a göre sınıflandırma, doğanın "sıçramalarla ve atlamalarla" değil, Tanrı vergisi düzen içinde ilerlediğini açığa çıkarmaktaydı. Eseri, İsveç'te ve Avrupa'da yeni türler aramak için yaptığı sayısız seferin ürünüydü. Onun sınıflandırma sistemi, "doğal hiyerarşi"sinin evrimsel önemini gören Charles Darwin'e zemin hazırladı; o hiyerarşiye göre bir cinsteki bütün türler soy bakımından akrabaydı ve ortak bir atadan çıkmıştı. Darwin'den yüzyıl sonra Alman biyolog Willi Hennig, kladistik denilen yeni bir sınıflandırma yaklaşımı geliştirdi. Bu yaklaşım, evrimsel bağlantıları yansıtmak için organizmaları, son ortak atalarından miras aldıkları ve daha uzak atalarda bulunmayan bir ya da daha fazla benzersiz ortak karakteristiğe sahip "kladlar" şeklinde gruplandırır. Kladlara göre sınıflandırma süreci bugün de devam ediyor; yeni, çoğu kez genetik kanıtlar bulundukça, türler yeni konumlara yerleştiriliyor. ▪

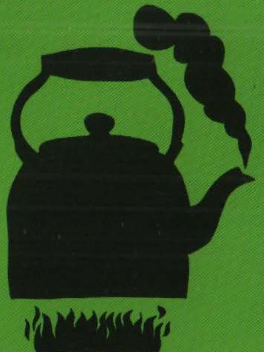
Carl Linnaeus



1707'de Güney İsveç kırsalında doğan Carl Linnaeus, Lund ve Uppsala üniversitelerinde tıp ve botanik okudu; 1735'te Hollanda'da tıp diploması aldı. O yıl, canlı organizmaları sınıflandırma sisteminin ana hatlarını çizen 12 sayfalık kitapçık *Systema Naturae*'i yayımladı. Linnaeus Avrupa'yı biraz daha dolaştıktan sonra 1738'de İsveç'e dönüp doktorluk yaptı; sonra Uppsala Üniversitesinde tıp ve botanik profesörlüğüne atandı. Öğrencileri, en ünlüsü Daniel Solander, dünyayı dolaşıp bitki topladı. Bu büyük bitki koleksiyonuyla Linnaeus *Systema Naturae*'yi sürekli genişletti ve 12. baskısı, 6000'den fazla bitki ile 4000 hayvanı içeren 1000 sayfalık büyük bir esere dönüştü. Linnaeus 1778'de öldüğünde Avrupa'da fazla alkışlanan bilim insanlarından biriydi.

Önemli eserleri

1753 *Species Plantarum*
1778 *Systema Naturae, 12. basım*



SU BUHARA DÖNÜŞÜRKEN KAYBOLAN ISI YOK OLMAZ

JOSEPH BLACK (1728–1799)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya ve fizik

ÖNCE
1661 Robert Boyle gazları yalıtmaya öncülük eder.

1750'ler Joseph Black kimyasal tepkimelerden önce ve sonra malzemeleri tartar -ilk nicel kimya- ve karbondioksiti keşfeder.

SONRA
1766 Henry Cavendish hidrojeni yalıtır.

1774 Joseph Priestley oksijeni ve diğer gazları yalıtır.

1798 Amerika-doğumlu İngiliz fizikçi Benjamin Thompson, ısının parçacıkların hareketiyle üretildiğini öne sürer.

1845 James Joule devinimin ısıya dönüşmesini inceler ve ısının mekanik eşdeğerini ölçüp, verili bir mekanik iş miktarının aynı miktarda ısı ürettiğini söyler.

Isı suyun **sıcaklığını genellikle arttırır.**

↓

Ama su kaynadığı zaman, **sıcaklık artışı durur.**

↓

Sıvıyı buhara dönüştürmek için **ek ısıya** ihtiyaç vardır. Bu gizil ısı buhara **korkunç bir haşlama gücü** kazandırır.

↓

Su buhara dönüşürken kaybolan ısı yok olmaz.

Glasgow Üniversitesinde ve daha sonra Edinburgh'da tıp profesörü olan Joseph Black, kimya dersleri de verdi. Önemli bir araştırmacı bilim insanı olmasına rağmen, vardığı sonuçları nadiren yayımladı, onun yerine derslerinde duyurdu; öğrencileri, yeni bilimin en ön saflarındaydı.

Black'in bazı öğrencileri, işlerini yürütmenin maliyetleriyle ilgilenen İskoç viskisi damıtıcılarının oğullarıydı. Yaptıkları tek şey sıvıyı kaynatıp buharı yoğunlaştırmak olduğu halde, viski damıtmanın neden bu kadar pahalı olduğunu soruyorlardı.

Kaynamayla ilgili yeni bir düşünce

1761'de Black ısının sıvılar üzerindeki etkisini araştırdı ve bir çaydanlık su sobanın üzerinde ısıtılırsa, sıcaklığın 100°C'ye ulaşana kadar sürekli arttığını keşfetti. O zaman su kaynamaya başlar, ama suya hâlâ ısı girmesine

Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ John Dalton 112–13 ▪ James Joule 138

rağmen sıcaklık artmaz. Black, suyu buhara dönüştürmek –ya da modern terimlerle, moleküllere onları sıvı içinde bir arada tutan bağlardan kurtulmalarına yetecek kadar enerji vermek– için, ısıya ihtiyaç olduğunu anladı. Bu ısı sıcaklığı değiştirmez ve kaybolur gibi görünür – bu yüzden Black gizil ısı dedi. Daha doğrusu bu, suyun buharlaşmasının gizil ısısıdır. Bu keşif, termodinamik biliminin –ısıyı, ısının enerjiyle ilişkisini ve mekanik iş yapmak için ısı enerjisini harekete dönüştürmeyi inceleyen bilimi– başlangıcı oldu.

Suyun alışılmamış ölçüde yüksek bir gizil ısısı vardır; yani sıvı su uzun süre kaynadıktan sonra tamamı gaza dönüşür. Sebze pişirmede buharının bu kadar etkili olmasının, buharın korkunç bir haşlama gücüne sahip olmasının ve ısıtma sistemlerinde kullanılmasının nedeni budur.

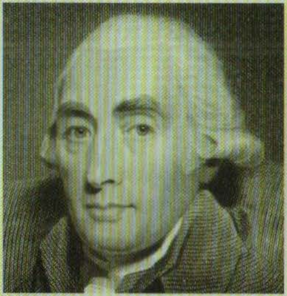
Buzu eritmek

Suyu buhara dönüştürmek için ısıyı ihtiyaç olduğu gibi, buzu suya dönüştürmek için de ısıya ihtiyaç vardır. Eriyen buzun gizil ısısı, buzun bir içkiyi soğutacağı anlamına gelir. Buzu eritmek ısıyı gerektirir ve bu ısı, buzun içinde yüzdüğü ve soğuttuğu içkiden elde edilir.

Black bütün bunları imbikçilere açıkladı; ama para tasarruf etmelerine yardım edemedi. Buhar motorunu neden bu kadar verimli olduklarını anlamaya çalışan meslektaşı James Watt'a da açıkladı. Daha sonra Watt, piston ve silindiri soğutmadan buharı yoğunlaştıran ayrı yoğunlaştırıcı düşüncesini ortaya attı. Bu düşünce buhar motorunu çok daha verimli bir makine, Watt'ı da zengin bir kişi haline getirdi. ▪

Burada Black, Glasgow'daki atölyesinde mühendis James Watt'ı ziyaret ederken gösteriliyor. Watt, buharlı aletlerinden birini tanıtıyor.

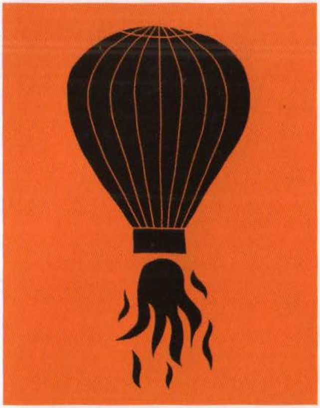




Joseph Black

Fransa'da Bordeaux'da doğan Joseph Black, Glasgow ve Edinburgh üniversitelerinde tıp okudu; profesörünün laboratuvarında kimyasal deneyler yaptı. 1754'te doktora tezinde Black, tebeşir (kalsiyum karbonat) ısıtılıp sönmemiş kireç (kalsiyum oksit) haline getirilince, genellikle inanıldığı gibi ateşten yakıcı bir ilke almadığını, aksine ağırlık kaybettiğini gösterdi. Black, hiçbir sıvı ya da katı üretilmediği için, bu kaybın bir gaz olması gerektiğini anladı ve tebeşirde sabitlenen bir hava (gaz) olduğu için ona "sabit hava" dedi. Sabit havanın (şimdi karbondioksit olarak bildiğimiz) soluduğumuz gazlar arasında olduğunu da gösterdi.

1756'dan itibaren Glasgow'da tıp profesörüyken Black, ısı konusunda dönüm noktası olan araştırmasını yaptı. Ulaştığı sonuçları yayımlamamasına rağmen, öğrencileri bulgularını yaydı. 1776'da Edinburgh'a taşındıktan sonra, araştırma yapmayı bırakıp ders vermeye ve –Sanayi Devrimi hız kazanırken– İskoçya sanayisinde ve tarımında kimya-temelli yenilikler konusunda tavsiyelerde bulunmaya odaklandı.



YANAR HAVA

HENRY CAVENDISH (1731–1810)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1661 Robert Boyle bir element tanımlayıp, modern kimyanın temellerini atar.

1754 Joseph Black, "sabit hava" dediği bir gazı, karbondioksiti saptar.

SONRA
1772–75 Joseph Priestley ve (ondan bağımsız) İsveçli Carl Scheele oksijeni yalıtır; onları gaza adını veren Antoine Lavoiser izler. Priestley de nitrik oksidi, azot oksidi ve hidrojen kloridi keşfeder, oksijen soluma ve gazoz yapma deneyleri gerçekleştirir.

1799 Humphry Davy, azot oksidin ameliyatta bir anestetik olarak yararlı olabildiğini öne sürer.

1844 Amerikalı dişçi Horace Wells anestezi için ilk kez azot oksit kullanır.



1754'te Joseph Black, bizim şimdi karbondioksit (CO_2) dediğimiz şeyi "sabit hava" olarak tarif etmişti. Bir gazı saptayan ilk bilim insanı olmanın yanı sıra, çeşitli "hava" türlerinin, yani gazların varlığını da gösterdi.

On iki yıl sonra Henry Cavendish adlı İngiliz bilim insanı, çinko, demir ve kalay gibi metallerin "asitlerdeki çözeltiyle yanar hava ürettiklerini" Londra'da Kraliyet Derneğine bildirdi. Bu yeni gaza, sıradan ya da "sabit hava"dan farklı olarak kolay yandığı için "yanar hava" dedi. Bugün biz ona hidrojen (H_2) diyoruz. Bu, saptanan ikinci gaz ve yalıtılan ilk gaz elementti. Cavendish, çinko-asit karışımının tepkime sırasındaki ağırlık kaybını ölçerek ve çıkan bütün gazları bir torbada toplayıp tartarak –önce gazla dolu sonra boş– bir gaz örneğinin ağırlığını ölçmeye koyuldu. Gazın hacmini bildiği için yoğunluğunu hesaplayabilirdi. Yanar havanın, sıradan havadan 11 kat daha az yoğun olduğunu buldu.

Düşük yoğunluklu gazın keşfi, havadan daha hafif olan uçan balonlara yol açtı. 1763'te Fransa'da mucit Jacques Charles ilk hidrojen balonunu uçurdu ve iki haftadan daha kısa bir süre sonra Montgolfier kardeşler ilk insanlı sıcak-hava balonunu uçurdu.

Ayrıca bkz. Empedokles 21 ▪ Robert Boyle 46–49 ▪ Joseph Black 76–77 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ Humphry Davy 114

> Bu deneylerden anlaşılıyor ki, bu hava, diğer yanıcı maddeler gibi, sıradan havanın yardımı olmadan yanamaz.
> **Henry Cavendish**

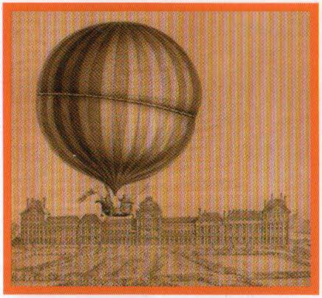
Patlayıcı keşifler

Cavendish kendi gazının ölçülmüş örnekleri ile bilinen hacimlerde havayı şişelerde karıştırdı ve şişelerin kapakların açıp, yakılmış kâğıt parçalarıyla karışımları tutuşturdu. Bir birim hidrojen ile dokuz birim hava karışımında yavaş, sakin bir yanma olduğunu; hidrojen miktarının artmasıyla birlikte karışımın artan bir şiddetle patladığını; ama yüzde 100 hidrojenin tutuşmadığını gördü. Simyadan kalan ve yanma sırasında ateş-benzeri bir elementin ("flojiston") serbest kaldığını ifade eden köhne bir fikir, Cavendish'in düşüncesini sakatlamaktaydı. Bununla birlikte, deneylerinde ve raporlarında titizdi: "Öyle görünüyor ki, 423 ölçü yanar hava 1000 ölçü sıradan havayı flojistonlaştırmaya neredeyse yeter; patlamadan sonra kalan havanın miktarı, kullanılan sıradan havanın beşte dördünden biraz fazladır. Yanar havanın neredeyse tamamı ile sıradan havanın yaklaşık beşte birinin... yoğunlaşıp camı sıvayan çiğe dönüştüğü... sonucuna varabiliriz."

Suyu tanımlamak

Cavendish "flojistonlaştırma" terimini kullanmasına rağmen, çıkan tek yeni malzemenin su olduğunu kanıtlamayı başardı ve iki ölçek yanar havanın bir ölçek oksijenle birleştiği sonucunu çıkardı. Başka bir deyişle, suyun bileşimin H_2O olduğunu gösterdi. Bulgularını Joseph Priestley'e bildirmesine rağmen, Cavendish sonuçları yayınlama konusunda o kadar çekingendi ki, arkadaşı İskoç mühendis James Watt 1763'te formülü ilan eden ilk kişi oldu.

Bilime birçok katkısı arasında Cavendish havanın bileşimini de "dört parça flojistonlaşmış havayla [nitrojen] karıştırılmış bir parça flojistonsuzlaşmış hava [oksijen]" olarak hesapladı – bu iki gazın Yer atmosferinin yüzde 99'unu oluşturduğunu bugün biliyoruz. ▪



İlk hidrojen balonunun esin kaynağı Cavendish'ti ve büyük bir kalabalık tarafından alkışlandı. Günümüzde patlayıcı hidrojen yerine helyum kullanır.

Henry Cavendish



18. yüzyıl kimyasının ve fiziğinin en garip ve en parlak öncülerinden biri olan Hanry Cavendish 1731'de Fransa'da Nice'de doğdu. Her iki dedesi de düktü ve çok zengindi. Cambridge Üniversitesinde okuduktan sonra, Londra'daki evinde tek başına yaşadı ve çalıştı. Çok az konuşan ve kadınlardan utanan bir kişiydi; hizmetçilerine not bırakarak yemek siparişlerini verdiği söyleniyordu.

Cavendish yaklaşık 40 yıl boyunca Kraliyet Derneğinin toplantılarına katıldı ve Royal Institution'da Humphry Davy'e yardım etti. Kimya ve elektrik alanında önemli özgün araştırmalar yaptı, ısının doğasını doğru bir biçimde tarif etti ve Yer'in yoğunluğunu ölçtü – ya da halkın dediği şekliyle, "dünyayı tarttı." 1810'da öldü. 1874'te Cambridge Üniversitesi, yeni fizik laboratuvarına onun adını verdi.

Önemli eserleri

1766 *Three Papers Containing Experiments on Factitious Air*
1784 *Experiments on Air* (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*)



RÜZGÂRLAR EKVATORA YAKLAŞTIKÇA DAHA FAZLA GÜNDOĞUSUNA DÖNER

GEORGE HADLEY (1685–1768)

KISACA

BİLİM DALI
Meteoroloji

ÖNCE
1616 Galileo Galilei Yer'in döndüğünün kanıtı olarak ticaret rüzgârlarını gösterir.

1686 Edmond Halley, gökyüzünde batıya doğru yol alan Güneş'in havanın yükselmesine ve doğudan esen rüzgârla yer değiştirmesine neden olduğunu öne sürer.

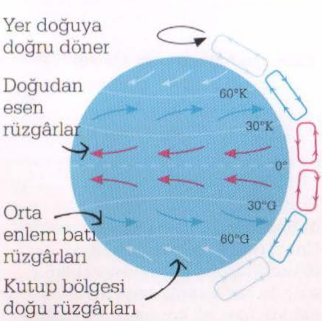
SONRA
1793 John Dalton, Hadley'in teorisini destekleyen *Meteorological Observations and Essays*'ı yayımlar.

1835 Gustave Coriolis Hadley'in düşüncelerini geliştirip, rüzgârın yönünü değiştiren "bileşik bir merkezkaç kuvveti" tarif eder.

1856 Amerikalı meteorolog William Ferrel, alçak basınç merkezine çekilen havanın günbatısı rüzgârlarını yarattığı orta enlemlerde (30-60°) bir dönüş hücresi saptar.

1700'de sürekli yüzey rüzgârlarının, yani alizelerin, 30° Kuzey enlemi ile ekvator çizgisi arasında kuzeydoğu yönünden estiği biliniyordu. Galileo, Yer'in batıya doğru dönüşünün, tropikal kuşakta onu havanın "önüne" geçirdiğini, bu yüzden rüzgârların doğudan geldiğini öne sürmüştü. Daha sonra İngiliz astronom Edmond Halley, ekvator üzerinde en yüksek derecede olan Güneş ısısının havanın yükselmesine neden olduğunu ve yükselen havanın yerini, daha yüksek enlemlerden esen rüzgârların aldığını anladı.

1735'te İngiliz fizikçi George Hadley ticaret rüzgârları ilgili teorisini yayımladı. Güneş'in havanın yükselmesine neden olduğunu kabul ediyordu; ama ekvatora yakın yükselen hava rüzgârların doğudan değil, yalnızca kuzeyden ve güneyden ekvatora doğru esmesine neden olurdu. Hava Yer'le birlikte döndüğü için, 30° kuzeyden ekvatora doğru hareket eden havanın doğuya doğru kendi momentumu olurdu. Ama Yer'in yüzeyi ekvatorda, yüksek enlemlerde olduğundan daha hızlı döner; bu yüzden yüzey hızı havanın hızından fazla olur ve rüzgârların ekvatora yaklaştıkça daha fazla doğudan geldiği anlaşılır.



Rüzgâr örüntüleri Yer'in sıcak hava yükselince, soğuyunca ve kutup hücrelerine (gri gösterilen), Ferrel hücrelerine (mavi) ve Hadley hücrelerine (pembe) indikçe dönüş "hücreleri"yle birleşen dönüşünden kaynaklanır.

Hadley'in düşüncesi rüzgâr örüntülerini anlamı yolunda bir adımdı, ama yanlışlar içeriyordu. Rüzgârın yön değiştirmesinin anahtarı, rüzgârın doğrusal (düz çizgi) momentumunun değil, açısal momentumunun (dönmesine neden olan) korunmasındadır. ■

Ayrıca bkz. Galileo Galilei 42–43 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Gaspard-Gustave de Coriolis 126 ▪ Robert FitzRoy 150–55



FLORİDA KÖRFEZİNDEN GÜÇLÜ BİR AKINTI ÇIKAR

BENJAMIN FRANKLIN (1706–1790)

KISACA

BİLİM DALI
Denizbilim

ÖNCE
MÖ y.2000 Polinezyalı denizciler Pasifik adaları arasında gidip gelmek için okyanus akıntılarını kullanır.

1513 Juan Ponce de Léon, Atlantik Okyanusunun güçlü Gulf Stream akıntılarını tarif eden ilk kişidir.

SONRA
1847 ABD deniz subayı Matthew Maury gemilerin seyir defterlerini ve donanma arşivindeki haritaları inceleyerek derlediği rüzgâr ve akıntı haritasını yayımlar.

1881 Monaco Prensi I. Albert, Gulf Stream'ın bir döngü olduğunu ve ikiye ayrıldığını –bir kolu kuzeye Britanya Adalarına doğru, diğeri güneye İspanya ve Afrika'ya doğru aktığını– anlar.

1942 Norveçli denizbilimci Harald Sverdrup genel bir okyanus sirkülasyonu teorisi geliştirir.

Kuzey Atlantik Okyanusu boyunca doğuya doğru akan Golf Stream sıcak su akıntısı, Yer üzerindeki en büyük su hareketlerindendir. Hâkim günbatısı rüzgârları tarafından doğuya itilir ve Atlantik'i tekrar geçip Karayipler'e dönen büyük bir döngünün parçasıdır. 1513'lerde İspanyol kaşif Juan Ponce de Léon Florida açıklarında rüzgâr güneye doğru esmesine rağmen gemisinin kuzeye doğru hareket ettiğini fark etmişti. Ama ancak 1770'te Amerikalı devlet ve bilim insanı Benjamin Franklin tarafından doğru bir biçimde haritası çıkarıldı.

Yerel avantaj

Amerika'daki İngiliz kolonilerinin posta müdürü yardımcısı olarak Benjamin Franklin, İngiliz posta gemilerinin Atlantik'i geçip postaları teslim etmesinin Amerikan ticaret gemilerinden iki hafta daha uzun sürmesini merak etti. Paratoneri bulmuş olan Franklin, Nantucket'li balina avlama gemisinin kaptanı Timothy Folger'e bunun nedenini sordu. Folger, Amerikalı kaptanların batı-doğu akıntısını bildiklerini söyledi. Balina göçlerinden, ısı ve renk farklılıklarından ve yüzey kabarcıklarının hızından akıntıyı saptayabiliyorlardı; bu yüzden onlar akıntının üzerinden geçip kurtulurken, batıya doğru giden İngiliz posta gemileri yol boyunca akıntıyla savaşıyordu.



Franklin'in haritası 1770'te Britanya'da yayımlandı; ama İngiliz kaptanların seyir süresini kısaltmak için Gulf Stream'ı kullanmayı öğrenmeleri yılları alacaktı.

Folger'in yardımıyla Franklin akıntının güzergâhını çıkardı; Kuzey Amerika'nın kuzey kıyısı boyunca Meksika Körfezi'nden Newfoundland'e akıyor ve oradan da doğuya doğru akıp Atlantik'i geçiyordu. Gulf Stream adını da Franklin verdi. ■

Ayrıca bkz. George Hadley 80 ▪ Gaspard-Gustave de Coriolis 126 ▪ Robert FitzRoy 150–55



FLOJİSTONSUZ HAVA

JOSEPH PRIESTLEY (1733–1804)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1754 Joseph Black ilk gazı, karbondioksiti yalıtır.

1766 Henry Cavendish hidrojeni hazırlar.

1772 Carl Scheele, Priestley'den iki yıl önce üçüncü bir gazı, oksijeni yalıtır, ama 1777'e kadar bulgularını yayımlamaz.

SONRA
1774 Paris'te Priestley, yeni gazlar meydana getiren ve vardığı sonuçları Mayıs 1775'te yayımlayan Antoine Lavoisier'e yöntemini gösterir.

1779 Lavoisier gaza "oksijen" adını verir.

1783 Cenevre'nin Schweppes Şirketi, Priestley'in icat ettiği gazozu yapmaya başlar.

1877 İsviçreli kimyacı Raoul Pictet, roket yakıtında, sanayide ve tıpta kullanılacak sıvı oksijen üretir.

Priestley Leeds'te papazken, evine yakın bira fabrikasını ziyaret etti. Mayalama teknesinin üzerindeki hava tabakasının sabit hava olduğu zaten bilinmekteydi. Bir mumu tekneye yaklaştırınca, köpüğün 30 cm kadar üstünde mumun söndüğünü fark etti; orada alev, yüzen sabit hava tabakasına giriyordu. Duman sabit havanın üstünde birikip, iki hava arasındaki sınırı görünür kıldı. Sabit havanın, "sıradan" havadan daha yoğun olduğu için, teknenin kenarından akıp dibe battığını da fark etti. Priestley sabit havayı soğuk suda çözündürme, bir kaptan diğerine dökme deneyleri yapınca, daha sonra gazoz çılgınlığına yol açan ferahlatıcı köpüklü bir içecek yaptığını anladı.

Oksijeni ayırmak

1 Ağustos 1774'te Priestley yeni gazını –şimdi oksijen (O_2) olarak bildiğimiz– günışığı ve bir büyüteçle ısıtarak sızdırmaz bir

Prisetley'in keşfettiği gibi **oksijen** "sabit hava"dan (karbondioksit) **ayrıdır.** →

Oksijen yanmaz, bu nedenle ateş öğesi **flojiston** içeremez. ↓

Oksijen flojistonsuz havadır. ←

Ama Lavoisier diğer gazların ve malzemelerin oksijende **kolaylıkla yandıklarını** gösterir. ↓

O halde yanma, **oksijenle birleşme** sürecidir. →

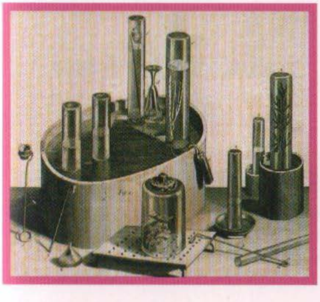
Flojiston yoktur.

Ayrıca bkz. Joseph Black 76–77 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Humphry Davy 114

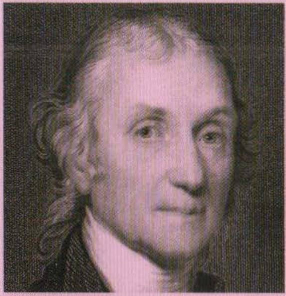
cam kaptaki cıva oksitten yalıttı. Daha sonra bu yeni gazın fareyi sıradan havadan daha uzun süre canlı tuttuğunu, solunmasının hoş ve sıradan havadan daha dinçleştirici olduğunu, yakıt olarak yaktığı çeşitli maddelerin yanmasını desteklediğini keşfetti. Bitkilerin gündüzleri bu gazı ürettiğini de gösterdi – fotosentez dediğimiz sürecin ilk işareti. Ne var ki, o sırada yanmanın, bir yakıttan flojiston denilen gizemli bir malzemenin ayrılmasını gerektirdiği sanılıyordu. Bu yeni gaz yanmadığı ve bu nedenle flojiston içermemesi gerektiği için, ona "flojistonsuz hava" dedi.

Priestley o sırada başka gazlar da yalıttı; ama sonra bir Avrupa turuna çıktı ve ertesi yılın sonuna kadar sonuçlarını yayımlamadı. İsveçli kimyacı Carl Scheele, Priestley'den iki yıl önce oksijen hazırlamıştı, ama 1777'e kadar sonuçlarını yayımlamadı. Bu arada Paris'te Antoine Lavoisier, Scheele'nin çalışmasından haberdar oldu, Priestley'den bilgi aldı ve hemen kendi oksijenini yaptı. Yanma ve solunum üzerine yaptığı deneyler, yanmanın flojistonun serbest kalma süreci değil, oksijenle birleşme süreci olduğunu kanıtladı. Solunumda havadan emilen oksijen glikozla tepkimeye girer ve karbondioksit, su ve enerji çıkarır. Yeni gazın bazı maddelerle –kükürt, fosfor ve nitrojen gibi– tepkimeye girip asit ürettiğini keşfedince, yeni gaza oksijen, yani "asit yapıcı" adını verdi. ▪

> Ürettiğim bütün hava türlerinin en dikkate değer olanı... solunum bakımından sıradan havadan beş-altı kat daha iyi olan havadır.
> **Joseph Priestley**



Priestley'in gaz deneyleri için kullandığı aygıt, keşifleriyle ilgili kitabında yer alır. Ön tarafta bir fare kavanozun altında oksijende tutuluyor; sağ tarafta bitki bir tüpte oksijen salıyor.



Joseph Priestley

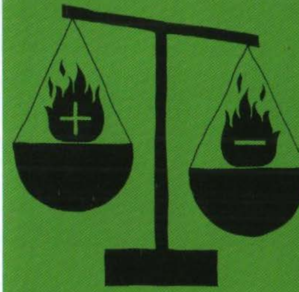
Yorkshire'de bir çiftlikte doğan Joseph Priestley muhalif bir Hıristiyan olarak büyüdü, ömrü boyunca yoğun bir biçimde dindar ve politik davrandı.

Priestley 1770'lerin başında Leeds'te yaşarken gazlara ilgi duydu; ama en iyi çalışmalarını, Shelburne Kontu'nun kütüphanecisi olarak Wiltshire'a taşındıktan sonra yaptı. İşleri hafifti ve araştırma yapmaya bol vakti vardı. Daha sonra kontla arası açıldı –siyasal görüşleri çok radikal olmuş olabilir– ve 1780'de Birmingham'a taşındı. Orada, özgür düşüncelilerden, mühendislerden ve sanayicilerden oluşan gayri resmi ama nüfuzlu bir gruba, Lunar Society'e katıldı.

Priestley'in Fransız Devrimini desteklemesi sevilmemesine neden oldu. 1791'de evi ve laboratuvarı yakıldı; Londra'ya ve ardından Amerika'ya taşınmak zorunda kaldı. Pennsylvania'ya yerleşti ve 1804'te orada öldü.

Önemli eserleri

1767 *The History and Present State of Electricity*
1774–77 *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*



DOĞADA HİÇBİR ŞEY YARATILMAZ, HİÇBİR ŞEY KAYBOLMAZ, HER ŞEY DEĞİŞİR

ANTOINE LAVOISIER (1743–1794)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1667 Alman simyacı Johann Joachim Becher, nesnelerin bir ateş öğesi tarafından yakılacak şekilde yapıldıklarını öne sürer.

1703 Alman kimyacı Georg Stahl, bunun adını flojiston olarak değiştirir.

1772 İsveçli kimyacı Carl-Wilhelm Scheele "ateş hava"yı (daha sonra oksijen denilen) keşfeder, ama bulgularını 1777'e kadar yayımlamaz.

1774 Joseph Priestley "flojistonsuz hava"yı (daha sonra oksijen denilen) yalıtır ve bulgularını Lavoisier'e anlatır.

SONRA
1783 Lavoisier hidrojen, oksijen ve suyla yaptığı deneylerle yanmayla ilgili düşüncelerini doğrular.

1789 Lavoisier'in *Elementary Treatise on Chemistry*'si 33 elementi adlandırır.

Fransız kimyacı Antoine Lavoisier, özellikle oksijene adını vererek ve yanmadaki rolünü ölçerek bilime yeni bir kesinlik düzeyi getirdi. Yanma sırasında gerçekleşen kimyasal tepkimelerde dikkatli kütle ölçümleri alarak, kütle korunumu ilkesini –bir tepkimede yer alan bütün maddelerin toplam kütlesinin, tüm ürünlerinin toplam kütlesiyle aynı olduğu ilkesi– kanıtladı.

Lavoisier kapalı kaplarda çeşitli maddeleri ısıttı ve bir metalin ısıtılınca kazandığı kütlenin kaybolan havanın kütlesine eşit olduğunu buldu. Havanın "saf" kısmı (oksijen) bitince, yanmanın sona erdiğini de buldu. Geride kalan hava (büyük bölümü nitrojen) yanmayı desteklemiyordu. Bu nedenle yanmanın ısı, yakıt (yanan malzeme) ve oksijenin birleşmesini gerektirdiğini anladı.

Lavoisier'in 1778'de yayımlanan bulguları yalnızca kütle korunumu ilkesini kanıtlamakla kalmadı, oksijenin yanmadaki rolünü saptayarak flojiston denilen bir ateş öğesine ilişkin teoriyi de yıktı.

Geçen yüzyılda bilim insanları yanıcı maddelerin flojiston içerdiklerini ve yanınca filojiston saldıklarını sanmıştı. Bu teori odun gibi maddelerin yanınca neden kütle kaybettiklerini açıklıyordu; ama magnezyum gibi başka maddelerin yanınca neden kütle kazandıklarını açıklamıyordu. Lavoisier'in dikkatli ölçümleri, hiçbir şeyin kaybolmadığı ya da eklenmediği, ama her şeyin dönüştüğü bir süreçte oksijenin kilit önemde olduğunu gösterdi. ■

> “Doğayı her türlü bileşimin ve bozunmanın oluştuğu büyük bir kimya laboratuvarı gibi görüyorum.”
> **Antoine Lavoisier**

Ayrıca bkz. Joseph Black 76–77 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Jan Ingenhousz 85 ▪ John Dalton 112–13



BİR BİTKİNİN KÜTLESİ HAVADAN GELİR

JAN INGENHOUSZ (1730–1799)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1640'lar Felemenkli kimyacı Jan Baptista van Helmont'ın çıkarımına göre, bir saksı ağacı topraktan su emerek ağırlık kazanır.

1699 İngiliz doğa bilimci John Woodward bitkilerin suyu hem aldığını hem verdiğini, bu nedenle büyümelerinin başka bir madde kaynağına gerek duyduğunu gösterir.

1754 İsviçreli doğa bilimci Charles Bonnet bitki yapraklarının su altında aydınlatılınca hava kabarcıkları çıkardığını fark eder.

SONRA
1796 İsviçreli botanikçi Jean Sénébier, bitkilerde yeşil yaprakların oksijen verip karbondioksit emdiğini gösterir.

1882 Alman bilim insanı Théodore Engelman, bitki hücrelerinde oksijen yapan bölümler olarak kloroplastları gösterir.

1770'lerde Felemenkli bilim insanı Jan Ingenhousz, daha önceki bilim insanlarının belirttiği gibi, bitkilerin neden ağırlaştığını keşfetmeye koyuldu. İngiltere'ye gidip araştırmasını Bawood House'ta –Joseph Priestley'in 1774'te oksijeni keşfettiği yer– yapıyordu ve fotosentezin anahtarlarını –günışığı ve oksijen– bulmak üzereydi.

Kabarcık çıkaran otlar

Ingenhousz bitkilerin suda gaz kabarcıkları çıkardığını okumuştu; ama kabarcıkların kesin bileşimi ve kökeni belli değildi. Bir dizi deneyde günışığındaki yaprakların karanlıktaki yapraklardan daha fazla kabarcık çıkardığını gördü. Yalnızca günışığında çıkan gazı topladı ve akkor halinde bir kıymığı alevlendirdiğini gördü – bu oksijendi. Bitkilerin karanlıkta çıkardığı gaz bir alevi söndürüyordu – bu da karbondioksitti.

Ingenhousz bitkilerin, içinde büyüdükleri toprağın ağırlığı fazla değişmeden ağırlık kazandıklarını biliyordu. 1779'da, atmosferle gaz alışverişinin, özellikle karbondioksit emilmesinin, bir bitkinin artan organik maddesinin en azından kısmen kaynağı olduğu sonucuna vardı – yani, ekstra kütlesi havadan geliyordu.



Geceleyin su otu kabarcıkları solunumu gösterir; çünkü bitkiler oksijen alıp karbondioksit vererek glikozu enerjiye dönüştürür.

Şimdi bildiğimiz gibi, bitkiler fotosentezle beslenir –bitkilerin emdiği karbondioksit ve suyun tepkimesiyle güneşten alınan enerji glikoza çevrilir ve atık olarak oksijen dışarı verilir. Sonuç olarak bitkiler hem yaşam için vazgeçilmez olan oksijen verir, hem –ötekilerin besini olarak– enerji verir. Bitkiler, solunum denilen tersine bir süreçle, gece ve gündüz besin olarak glikoz kullanır ve karbondioksit verir. ■

Ayrıca bkz. Joseph Black 76–77 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Joseph Fourier 122–23



YENİ GEZEGENLER KEŞFETMEK

WILLIAM HERSCHEL (1738–1822)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
1600'lerin başı Mercekli teleskop icat edilir, ama aynalı teleskop Isaac Newton ve diğerleri tarafından 1660'lara kadar geliştirilmez.

1774 Fransız gözlemci Charles Messier kendi astronomi ölçümlerini yayımlar ve Herschel'in kendi ölçümleri üzerinde çalışmaya başlamasını sağlar.

SONRA
1846 Uranüs'ün yörüngesinde açıklanamayan değişiklikler, Fransız matematikçi Urbain Le Verrier'in sekizinci bir gezegenin –Neptün– varlığını ve konumunu öngörmesine yol açar.

1930 ABD'li astronom Clyde Tombaugh, başlangıçta dokuzuncu gezegen kabul edilen, ama şimdi küçük buz dünyalarından oluşan Kuiper Kuşağı'nın en parlak üyesi olarak görülen Plüton'u keşfeder.

Yeni teleskoplar gökleri daha ayrıntılı haritalamayı olanaklı kıldı.

Daha iyi gözlemler Güneş'in etrafında yörüngede **yeni bir gezegeni** –Uranüs– gösterdi.

Uranüs'ün y**örüngesi düzensizdi, başka bir gezegenin kütleçekim** tarafından çekildiğini gösteriyordu.

Newton'ın yasalarını kullanarak **yeni gezegenin** bulunduğu yeri **hesaplamak** olanaklıydı.

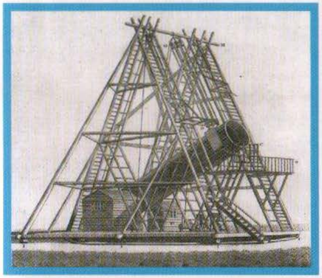
Neptün keşfedildi.

1781'de Alman bilim adamı William Herschel, başlangıçta bir kuyrukluyıldız olduğunu düşünmesine rağmen, ilkçağlardan beri görülen ilk yeni gezegeni saptadı. Onun keşfi, Newton yasalarına dayanan kestirimlerin bir sonucu olarak başka bir gezegenin keşfine de yol açtı.

18. yüzyılın sonuna gelindiğinde astronomi aletleri önemli ölçüde ilerlemişti – özellikle ışık toplamak için mercek yerine ayna kullanarak, o sırada merceklerle bağlantılı birçok sorundan kurtulan yansıtmalı teleskopların yapılmasıyla. Bu, ilk büyük astronomik incelemeler çağıydı; astronomlar gökyüzünü tarıyor ve bir dizi "uydu olmayan" nesne – şekilsiz gaz bulutlarına ya da yoğun ışık toplarına benzeyen yıldız salkımları ve bulutsular– saptıyorlardı.

Kız kardeşi Caroline'den yardım alan Herschel sistematik olarak gök-

Ayrıca bkz. Ole Rømer 58–59 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Nevil Maskelyne 102–03 ▪ Geoffrey Marcy 327



1780'lerde Herschel ayna çapı 1,2 metre ve odak uzunluğu 12 metre olan kendi "40-fit" teleskopunu yaptı. 50 yıl boyunca dünyanın en büyük teleskopu olarak kaldı.

yüzüyle ilgilendi; beklenmedik sayıda ikili ve çoklu yıldız gibi tuhaflıkları kaydetti. Hatta farklı yönlerde saydığı yıldızların sayısına dayanarak Samanyolu galaksisinin bir haritasını çıkarmaya bile kalkıştı.

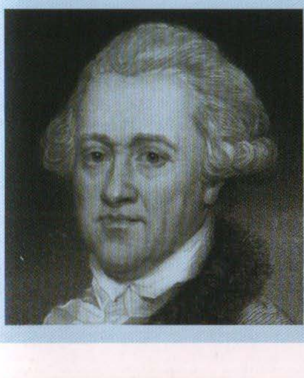
13 Mart 1781'de Herschel Gemini takımyıldızını tararken, bir kuyrukluyıldız olabileceğinden şüphelendiği soluk yeşil bir disk fark etti. Birkaç gece sonra tekrar ona döndü ve hareket etmiş olduğunu gördü; bu durum, bir yıldız olmadığı doğruladı. Herschel'in keşfine bakan Nevil Maskelyne yeni nesnenin bir kuyruklu yıldız olamayacak kadar yavaş hareket ettiğini ve aslında uzak bir yörüngede bir gezegen olabileceğini anladı. İsveçli-Rus Anders Johan Lexell ve Alman Johann Elert Bode, birbirlerinden bağımsız olarak, Herschel'in keşfinin yörüngesini hesaplayıp, kabaca Satürn'ün iki katı kadar uzakta bir gezegen olduğunu doğruladılar. Bode, Satürn'ün mitolojik babası, eski Yunan gök tanrısı Uranüs'ün adını vermeyi önerdi.

Düzensiz yörünge

1821'de Fransız astronom Alexis Bouvard, Uranüs'ün yörüngesini Newton yasalarına göre olması gerektiği gibi tarif eden ayrıntılı bir cetvel yayımladı. Ne var ki, gezegenle ilgili yaptığı gözlemler cetvelin öngördükleriyle önemli tutarsızlıklar olduğunu gösterdi. Yörüngesindeki düzensizlikler, daha uzak sekizinci bir gezegenin kütleçekimini göstermekteydi. 1845'te iki astronom –Fransız Urbaine Le Verrier ve Breton John Couch Adams– birbirinden bağımsız olarak, sekizinci gezegenin gökteki yerini hesaplamak için Bouvard'ın verilerini kullanıyorlardı. Teleskoplar öngörülen alana ayarlandı ve 23 Eylül 1846'da, Le Verier'in öngördüğü yerin yalnıza bir derece ötesinde Neptün keşfedildi. Varlığı Bouvard'ın teorisini doğruladı ve Newton yasalarının evrenselliğinin güçlü bir kanıtı oldu. ▪

> Bir kuyrukluyıldız ya da bulutsu yıldız aradım ve yerini değiştirdiği için, Kuyrukluyıldız olduğunu anladım.
> **William Herschel**

William Herschel



Almanya'da, Hanover'de doğan Frederick William Herschel 19 yaşında müzik alanında kariyer yapmak için Britanya'ya göç etti. Armoni ve matematik çalışmaları, optiğe ve astronomiye ilgi duymasına yol açtı ve kendi teleskoplarını yapmaya koyuldu.

Herschel Uranüs'ü keşfettikten sonra, Satürn'ün iki uydusu ile Uranüs'ün en büyük iki uydusunu keşfetti. Güneş Sisteminin galaksinin geri kalanına göre hareket halinde olduğunu da kanıtladı. 1800'de Güneş'i incelerken yeni bir ışıma biçimini keşfetti. Güneş ışığının farklı renklerinin sıcaklığını ölçmek için bir prizma ile bir termometre kullanarak bir deney yaptı ve görünür kırmızı ışığın ötesindeki bölgede sıcaklığın yükselmeye devam ettiğini bulguladı. Güneş'in bizim bugün kızılötesi dediğimiz, onun o zaman "ısıtıcı ışın" dediği görünmez bir ışık biçimi yaydığı sonucuna vardı.

Önemli eserleri

1781 *Account of a Comet*
1786 *Catalogue of 1000 New Nebulae and Clusters of Stars*



IŞIĞIN HIZININ AZALMASI

JOHN MICHELL (1724–1793)

KISACA

BİLİM DALI
Evrenbilim

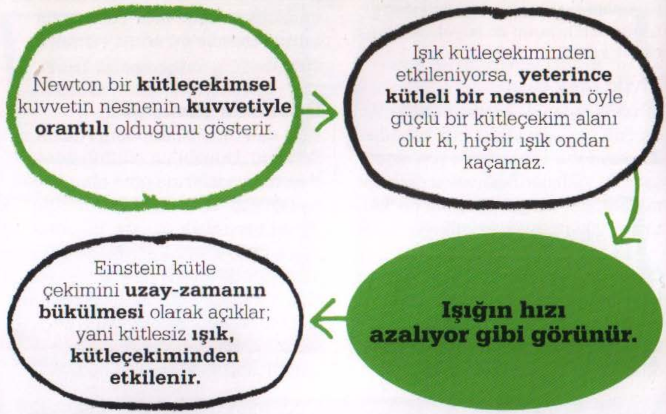
ÖNCE
1686 Isaac Newton evrensel kütleçekim yasasını formüle eder; buna göre nesneler arasındaki kütleçekimin gücü kütleleriyle orantılıdır.

SONRA
1796 Pierre-Simon Laplace kara delik olasılığıyla ilgili teoriler kurar.

1915 Albert Eisntein kütleçekimin uzay-zaman süreminin bükülmesi olduğunu gösterir; kütlesiz ışık fotonlarının kütleçekiminden etkilenmesinin nedeni bu bükülmedir.

1916 Karl Schwarzschild olay ufkunu önerir; bu ufkun ötesinde, bir kara delikle ilgili hiçbir veri alınamaz.

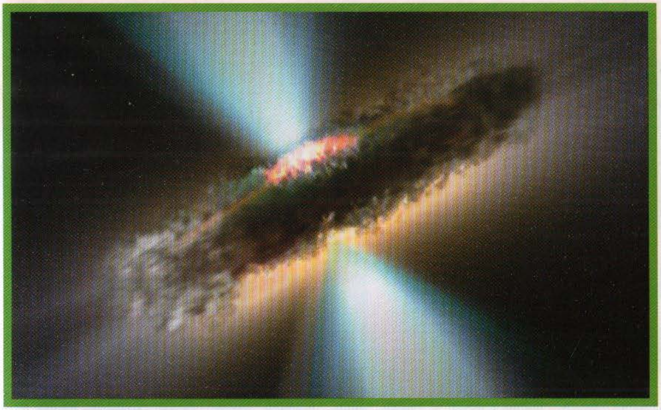
1974 Stephen Hawking, olay ufkundaki kuantum mekaniğinin kızılötesi ışınım yayacağını öngörür.



İngiliz bilgin John Michel, 1783'te Rolay Society'de Henry Cavendish'e yazdığı bir mektupta, kütleçekimin etkisiyle ilgili düşüncelerini açıklar. Mektup 1970'lerde yeniden keşfedildi ve kara deliklere ilişkin dikkate değer bir açıklama içerdiği görüldü. Newton'ın kütleçekim yasasına göre, bir nesnenin kütleçekim kuvveti kütlesiyle birlikte artar. Michell, kütleçekimden etkilenen ışığa ne olabileceğini ele aldı. Şöyle yazıyordu: "Güneşle aynı yoğunlukta bir kürenin yarıçapı 1'e 500 oranında azalsaydı, sonsuz yükseklikten ona doğru düşen bir cisim, yüzeyinde ışığınkinden daha büyük bir hız kazanırdı ve dolayısıyla, ışığın aynı kuvvet tarafından çekildiğini varsayarsak... böyle bir cisimden yayılan her ışık ona dönecek şekilde olurdu." 1796'da Fransız matematikçi Pierre-Simon Laplace, *Exposition du Système du Monde*'de benzer bir düşünceyle ortaya çıktı.

Ne var ki, 1915'te Albert Einstein genel görelilik üzerine yazısında kütleçekimi uzay-zaman

Ayrıca bkz. Henry Cavendish 78–79 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Subrahmanyan Chandrasekhar 248 ▪ Stephen Hawking 314



Madde soğurulmadan önce halka şeklinde bir "yığılma diski"ndeki bir kara deliğin etrafında girdap yaparak döner. Girdap diskindeki ısı deliğin enerji –dar X-ışını demetleri olarak– yaymasına neden olur.

eğrilmesinin bir sonucu olarak açıklayana kadar, kara delik düşüncesi uykuda yatacaktı. Einstein, maddenin uzay-zamanı kendi etrafına nasıl sarıp, Schwarzschild yarıçapı ya da olay ufku denilen bir bölgede kara delik meydana getirdiğini gösterdi. Madde –ışık da– kara deliğin içine girebilir, ama çıkamaz. Bu resimde ışığın hızı değişmez. Aksine, ışığın içinden geçtiği uzay değişir; ama Michell'in sezgisinin bir mekanizması vardı ve ona göre ışığın hızı, en azından azalır gibi görünürdü.

Teoriden gerçekliğe

Einstein'ın kendisi de kara deliklerin gerçekte var olup olmadıklarından kuşkuluydu. Ancak 1960'larda varlıklarına ilişkin dolaysız kanıtlar arttıkça genel kabul görmeye başladılar. Bugün pek çok evrenbilimci kara deliklerin, büyük yıldızlar kendi kütleçekimleri altında çökünce oluştuklarını, daha fazla madde emdikçe büyüdüklerini ve her galaksinin merkezide dev bir kara deliğin pusuda yattığını düşünür. Kara delikler maddeyi içine çeker; Stephen Hawking'e atfen Hawking ışınımı denilen soluk kızılötesi ışınım dışında hiçbir şey kaçamaz. Kara deliğe düşen bir astronot hiçbir şey hissetmez ve olay ufkuna yaklaşırken sıradışı hiçbir şey fark etmez; ama kara deliğe doğru bir saat atsa, saat yavaşlar gibi görünür ve olay ufkuna yaklaşır ama hiçbir zaman tam ulaşmaz, yavaş yavaş gözden kaybolur.

> Kara delikler o kadar da kara değildir.
> **Stephen Hawking**

Ne var ki, teorinin hâlâ sorunları vardır. 2012'de fizikçi Joseph Polchinski, kuantum ölçeğinde etkilerin olay ufkunda, içine düşen astronotu yakıp kül edecek bir "ateş duvarı" yaratacağını öne sürdü. 2014'te Hawking fikrini değiştirdi ve kara deliklerin her şeye rağmen var olamayacakları sonucuna vardı. ▪

John Michell

John Michell gerçek bir bilgindi. 1760'ta Cambridge Üniversitesinde jeoloji profesörü oldu, ama aynı zamanda aritmetik, geometri, teoloji, felsefe, İbranice ve Yunanca dersleri verdi. 1767'de din adamı olmak üzere emekli oldu ve kendi bilimine odaklandı.

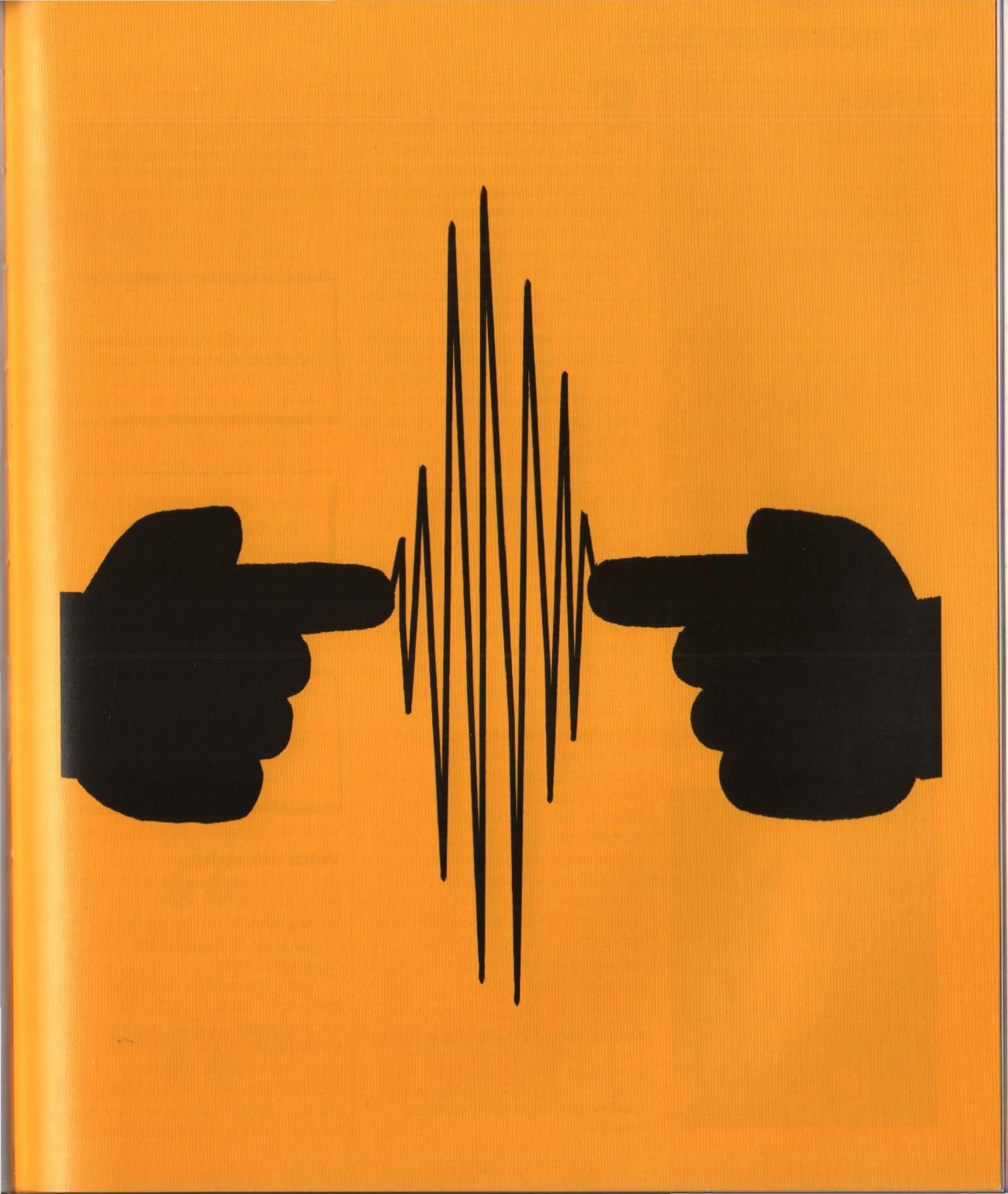
Michell yıldızların özelliklerine kafa yordu, depremleri ve manyetizmayı araştırdı ve Yerin yoğunluğunu ölçmek için yeni bir yöntem icat etti. "Dünyayı tartma" –hassas bir torsiyon terazisi– aygıtı yaptı; ama 1793'te kullanamadan öldü. Aygıtı arkadaşı Henry Cavendish'e bıraktı; Cavendish, deneyi 1798'de gerçekleştirdi ve şu anda kabul edilen rakama yakın bir değer elde etti. O günden bu yana, oldukça haksız bir biçimde "Cavendish deneyi" olarak anılmaktadır.

Önemli eserleri

1767 *An Inquiry into the Probable Parallax and Magnitude of the Fixed Stars*

ELEKTRİK AKIŞKANINI HAREKETE GEÇİRMEK

ALESSANDRO VOLTA (1745–1827)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1754 Benjamin Franklin, ünlü uçurtma deneyiyle şimşeğin doğal bir elektrik olduğunu kanıtlar.

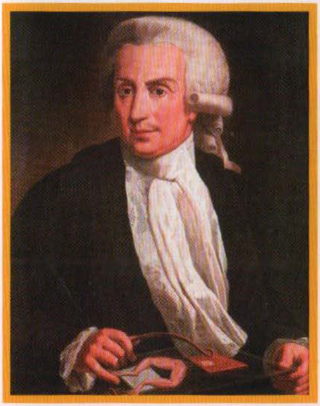
1767 Joseph Priestley statik elektrikle ilgili kapsamlı bir anlatım yayımlar.

1780 Luigi Galvani kurbağa bacaklarıyla "hayvansal elektrik" deneyleri yapar.

SONRA
1800 İngiliz kimyacılar William Nicholson ve Anthony Carlisle, bir volta pili kullanıp, suyu iki elementine, oksijen ve hidrojene ayırır.

1807 Humphry Davy elektrik kullanarak potasyum ve sodyum elementlerini yalıtır.

1820 Hans Christian Ørsted, manyetizma ile elektrik arasındaki bağı ortaya çıkarır.



Filozoflar yüzyıllarca şimşeğin korkunç gücüne ve kehribar gibi katıların ipek kumaşa sürtülünce çıkan kıvılcımlara hayret etmişti. Kehribarın Yunanca karşılığı "elektron"du ve kıvılcımlanma olgusunun, statik elektrik olduğu anlaşıldı.

1754'te bir deneyde Benjamin Franklin bir gök gürültüsünün içine bir uçurtma uçurdu ve bu iki olgunun yakından ilişkili olduğunu gösterdi. Uçurtmanın ipine bağlı pirinç bir anahtardan kıvılcımlar çıktığını görünce, bulutların elektriklendiğini ve şimşeğin de bir elektrik biçimi olduğunu kanıtladı. Franklin'in çalışması, Joseph Priestley'in 1767'de *The History and Present State of Electricity*'i yayımlamasına esin kaynağı oldu. Ama 1780'de bir kurbağanın bacağının seğirmesini fark edince elektriği anlamaya doğru ilk önemli adımları atan kişi, Bologna Üniversitesinde anatomi hocası olan Luigi Galvani'ydi.

Galvani, hayvanların "hayvansal elektrik"le hareket ettiklerini söyleyen bir teoriyi araştırıyordu ve her neyse onun kanıtını bulmak için kurbağaları parçalayıp inceliyordu. Yakında statik elektrik üreten bir makine olduğunda, masada yatan kurbağa bacağının, kurbağa öleli çok olmasına rağmen, aniden seğirdiğini fark etti. Bir kurbağa bacağı, demir bir çite değen pirinç bir çengele asılınca da aynı şey oldu. Galvani, bu kanıtın, elektriğin bizzat kurbağadan geldiğine ilişkin inancını desteklediğine inandı.

Luigi Galvani, burada ünlü kurbağa bacağı deneyini gerçekleştirirken gösteriliyor. Hayvanların, "hayvansal elektrik" dediği elektriksel bir kuvvet tarafından hareket ettirildiklerine inanıyordu.

Ölü bir kurbağanın bacakları **iki farklı metal parçasına** değince **seğirir.**

↓

İki metal **dile değdirilince, tuhaf bir duyuma** neden olur.

↓

Bu elektriksel kuvvet, kurbağa bacağına değen iki farklı metalden gelmelidir.

↓

Bir dizi metal bir sütun şeklinde birbirine bağlanarak **bu kuvvet çoğaltılabilir.**

Volta'nın atılımı

Galvani'nin genç meslektaşı, doğa felsefesi profesörü Alessandro Volta, Galvani'nin gözlemlerine merak saldı ve başlangıçta onun teorisine inandı.

Volta'nın elektrik deneyleri konusunda dikkate değer bir geçmişi vardı. 1775'te, bir deney anında elektrik kaynağı sunan bir aygıt, "elektrofor"u (modern eşdeğeri kondansatördür) icat etmişti. Aygıt, statik elektrik yükü kazandırmak için kedi kürküne

Ayrıca bkz. Henry Cavendish 78–79 ▪ Benjamin Franklin 81 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Humphry Davy 114 ▪ Hans Christian Ørsted 120 ▪ Michael Faraday 121

sürtülen bir reçine diskten oluşuyordu. Her seferinde reçinenin üzerine metal bir disk yerleştirilir, böylece elektrik yükü aktarılıp metal disk elektriklenirdi.

Volta, Galvani'nin hayvansal elektriğinin "kanıtlanmış hakikatler arasında" olduğunu ifade etti. Ama çok geçmeden kuşkulanmaya başladı. Kancada kurbağa bacağının seğirmesine neden olan elektriğin iki farklı metalin (pirinç ile demir) birbirine değmesinden kaynaklandığı sonucuna vardı. Düşüncelerini 1792'de ve 1793'te yayımladı ve olguyu araştırmaya koyuldu.

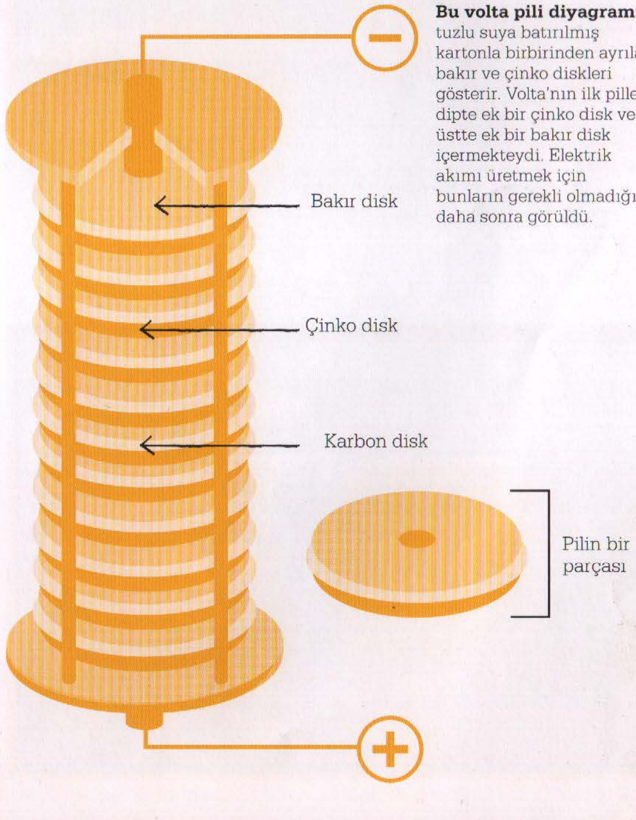
Volta, tek bağlantılı iki farklı metalin, dilinde tuhaf bir duyum hissetmesine yetecek kadar olmasına rağmen, fazla elektrik üretmediğini gördü. Sonra tuzlu suyla birbirine bağlanan bir dizi oluşturarak etkiyi arttırma düşüncesi aklına geldi. Küçük bir bakır disk aldı, onun üzerine çinko bir disk yerleştirdi, onun üzerine tuzlu suya batırılmış bir parça karton koydu, sonra tekrar bakır disk, çinko disk, tuzlu sulu karton koydu ve sonunda bir sütun ya da baca oluşana kadar böyle devam etti. Başka bir deyişle bir pil ya da "batarya" yarattı. Tuzlu sulu kartonun amacı, metallerin birbirine değmesine izin vermeden elektrik taşımaktı.

Sonuç heyecan vericiydi. Volta'nın kaba pili yalnızca birkaç volt (ismini ondan alan elektrik birimi) elektrik üretmiş olabilir; ama iki ucu bir parça telle birleştirilince küçük bir kıvılcım çıkarmaya ve ufak bir elektrik çarpması yaşatmaya yeterliydi.

Haber yayılır

Volta keşfini 1799'da yaptı ve haber hızla yayıldı. Sonucu 1801'de Napoleon Bonaparte'a gösterdi; ama daha önemlisi, vardığı sonuçları, Britanya'da Kraliyet Derneğinin başkanı Sir Joseph Banks'a uzun bir mektupla bildirmişti. Mektup, "Farklı Türden iletken Maddelerin salt Temasıyla tahrik edilen elektrik üzerine" başlıklıydı ve Volta kendi aygıtını tarif eder: "Sonra, metalik

> Her metalin belli bir gücü, elektrikli akışkanı harekete geçirme gücü vardır ve bu güç metalden metale farklılık gösterir.
> **Alessandro Volta**



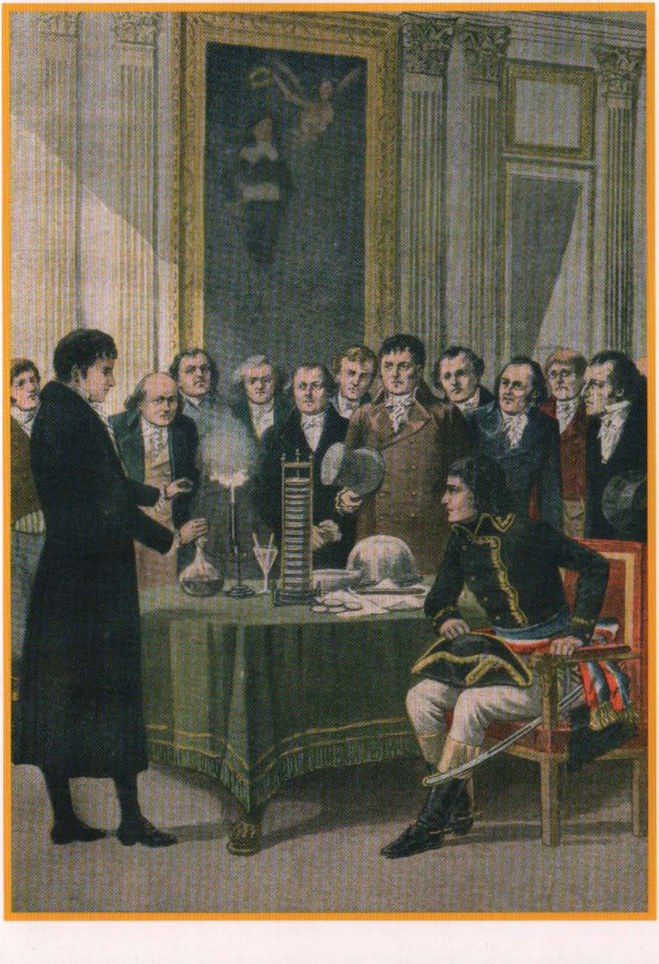
Bu volta pili diyagramı, tuzlu suya batırılmış kartonla birbirinden ayrılan bakır ve çinko diskleri gösterir. Volta'nın ilk pilleri dipte ek bir çinko disk ve üstte ek bir bakır disk içermekteydi. Elektrik akımı üretmek için bunların gerekli olmadığı daha sonra görüldü.

parçalardan birini, örneğin gümüş bir parçayı bir masanın ya da herhangi bir tezgahın üzerine yatay olarak yerleştiriyorum ve birincisinin üzerine çinko parçayı uyduruyorum; ikincisinin üzerine de ıslatılmış disklerden birini koyuyorum; sonra bir gümüş plaka ve hemen onun üzerine bir çinko daha ... böyle devam edip... devrilmeyecek kadar yüksek bir sütun oluşturuyorum."

Bir elektrik zili ya da voltajı saptayan bir yarı iletken olmadığı için, Volta detektör olarak kendi vücudunu kullandı ve elektrik çarpmasına aldırmamış göründü: "Yirmi çift parçadan (daha fazla değil) oluşan bir sütundan bütün parmağı epeyce acıtan şoklar alıyorum." Sonra bir çizgi ya da daire şeklinde dizilmiş, tuzlu su içeren bir dizi kupadan ya da kadehten oluşan daha ayrıntılı bir aygıtı tarif eder. Her bir çift, her kupadaki sıvıya daldırılan bir parça metalle birbirine bağlanır. Bu metalin bir ucu gümüş, diğer ucu çinkodur ve bu metaller, bir kupadaki sıvıya yalnızca gümüş ve bir sonrakine yalnızca çinko batırılmak koşuluyla, herhangi bir metalin teliyle birbirine bağlanabilir ya da lehimlenebilir. Bunun daha hantal olmasına rağmen, bazı bakımlardan katı pilden daha kullanışlı olduğunu açıklar.

Volta, zincirin bir ucundaki kâseye elini sokup, diğer uca bağlı bir teli alnına, göz kapağına ya da burnun ucuna değdirince hissedilen tatsız duyumları ayrıntısıyla tarif eder: "Birkaç saniye bir şey hissetmem; ama sonra, telin ucuna değen kısımda başka bir duyum başlar; bu, temas noktasıyla sınırlı, keskin bir acıdır (şoksuz), bir titremedir, yalnızca devam etmekle kalmaz, o derece artar ki, kısa sürede dayanılmaz hale gelir ve devre kesilinceye kadar durmaz."

Mektubunun Banks'a ulaşmış olması, Napoleon savaşları devam ettiği için çok şaşırtıcıdır; ama Banks haberi ilgili herkese hemen yaydı. Birkaç hafta geçmeden Britanya'nın her tarafında insanlar elektrik bataryaları yapıyor ve elektrik akımının özelliklerini araştırıyordu. 1800'den önce bilim insanları, zor ve memnuniyet verici olmayan statik elektrikle çalışmak zorunda kalmışlardı. Volta'nın buluşu, bir dizi maddenin –sıvılar,



Volta, 1801'de Paris'te Fransız Ulusal Enstitüsünde elektrik pilini Napoleon Bonaparte'a açıklayarak tanıttı. Napoleon aynı yıl onu kont yapacak kadar etkilendi.

> Deneyin dili, herhangi bir akıl yürütmeden daha yetkindir: Olgular, muhakememizi [mantıksal savımızı] yok edebilir –tersi değil.
> **Alessandro Volta**

katılar, gazlar– yüklü bir elektrik akımına nasıl tepki vereceğini anlamalarına olanak verdi.

Volta'nın buluşuyla ilgi çalışanlar arasında, William Nicholson, Anthony Carlisle ve William Cruickshank vardı; bunlar Mayıs 1800'de "otuz altı yarım kron ve buna denk çinko ve kartondan" oluşan kendi pillerini yaptılar ve akımı platin tellerden suyla dolu bir tüpe geçirdiler. Ortaya çıkan gaz kabarcıkları, iki parça hidrojen ve bir parça oksijen olarak saptandı. Henry Cavendish suyun formülünün H_2O olduğunu göstermişti; ama su ilk kez elementlerine ayrıldı.

Volta'nın pili, işitme cihazlarından kamyonlara ve uçaklara kadar her şeyde kullanılan bütün modern pillerin atasıydı. Gündelik aygıtlarımızın birçoğu pil olmadan çalışmaz.

Metalleri yeniden sınıflandırmak

Volta'nın pili elektrik akımını incelemeyi başlatmanın ve böylece yalnızca fiziğin yeni bir dalını yaratmakla kalmayıp, modern teknolojinin gelişimini de hızla ilerletmenin yanı sıra, metallerin tamamen yeni bir kimyasal sınıflandırmasına da yol açtı; çünkü pilinde çeşitli metal çiftlerini kullanmış, bazılarının diğerlerinden daha iyi iş gördüğünü bulmuştu. Gümüş ile çinko ve bakır ile kalay kusursuz bir bileşim oluşturuyordu, ama gümüşle gümüşü ya da kalayla kalayı denediğinde, elektrik elde edemiyordu; metaller farklı olmalıydı. Metallerin, her biri bir alttakiyle temas edince pozitif olacak şekilde dizi halinde düzenlenebileceğini gösterdi. Bu elektrokimyasal dizi, o zamandan beri kimyacılar için paha biçilmez olmuştur.

Kim haklıydı?

Volta'nın sırf Galvani'nin hipotezinden kuşku duyduğu için farklı metallerin dokunuşunu araştırmaya başlaması, bu öykünün ironik bir yanıdır. Ama Galvani tamamen haksız değildi – sinirlerimiz vücuda elektriksel sinyaller gönderek çalışır; Volta'nın teorisi de tamamen doğru değildi. Elektriğin iki farklı metalin yalnızca birbirine değmesinden kaynaklandığına inandı; oysa daha sora Humphry Davy, hiçbir şeyin yoktan var olmadığını gösterdi. Elektrik üretilirken, başka bir şey tüketilmelidir. Davy bir kimyasal tepkime gerçekleştiğini öne sürdü ve bu, onun elektrikle ilgili başka önemli keşifler yapmasına yol açtı.■



Alessandro Volta

Kuzey İtalya'da, Como'da 1745'te doğan Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta, aristokrat ve dindar bir ailede büyüdü; rahip olması bekleniyordu. Ama o statik elektrikle ilgilendi ve 1775'te "elektrofor" dediği gelişmiş bir elektrik üretme aygıtı yaptı. 1776'da Maggiore Gölü'nde atmosferdeki metanı keşfetti ve kapalı cam bir kabın içinde bir elektrik kıvılcımıyla tutuşturma yöntemiyle metanın yanmasını araştırdı.

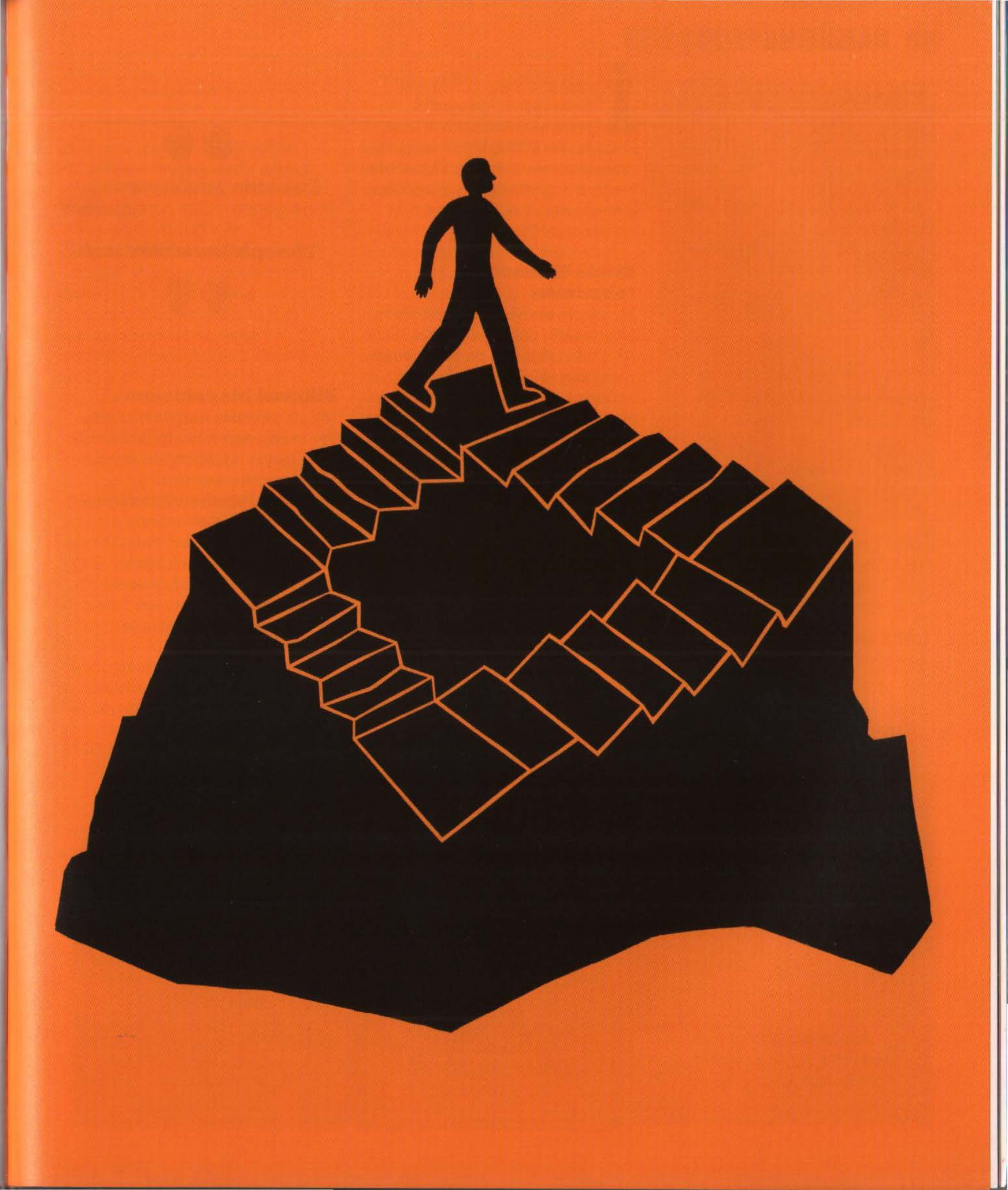
1779'da Volta, Pavia Üniversitesinde fizik profesörü olarak atandı ve bu görevini 40 yıl sürdürdü. Ömrünün sonuna doğru uzaktan kumandalı tabancaya öncülük etti; bununla bir elektrik akımı Como'da Milano'ya 50 km yol alarak bir tabancayı ateşliyordu. Bu, iletişim için elektriği kullanan telgrafın habercisiydi. Elektrik gerilimi birimi volt, adını ondan alır.

Önemli eserleri

1769 *On the Attractive Force of Electrical Fire*

BİR BAŞLANGIÇ İZİ YOK, BİR SON İHTİMALİ YOK

JAMES HUTTON (1726–1797)



KISACA

BİLİM DALI
Jeoloji

ÖNCE
10. yüzyıl El-Birûni fosil kanıtları kullanarak karanın bir zamanlar denizin altında olması gerektiğini savunur.

1687 Isaac Newton Yer'in yaşının bilimsel olarak hesaplanabilir olduğunu savunur.

1779 Comte de Buffon'un deneyleri, Yer'in yaşını 74.832 yıl olarak gösterir.

SONRA
1860 John Phillips, Yer'in yaşının 96 milyon yıl olduğunu hesaplar.

1862 Lord Kelvin Yer'in soğumasının 20-400 milyon yıl aldığını hesaplar, daha sonra 20-40 milyonda karar kılar.

1905 Ernest Rutherford radyoaktiviteyi kullanarak bir minerali tarihler.

1953 Clair Patterson Yer'in yaşını 4,55 milyar yıl olarak saptar.

İnsan kültürleri binlerce yıl Yer'in yaşına kafa yordu. Modern bilimden önce tahmini hesaplar kanıtlara değil inançlara dayanmaktaydı. Ancak 17. yüzyılda Yer'in jeolojisine ilişkin artan bilgi, gezegenin yaşını belirleme araçlarını sağladı.

Kitabı Mukaddes tahminleri

Musevi-Hıristiyan dünyada Yer'in yaşıyla ilgili düşünceler Eski Ahit'teki tasvirlere dayanmaktaydı. Ama bu metinler yalnızca ana hatlarıyla yaratılış hikâyesini sundukları için, özellikle Adem ile Havva'nın ortaya çıkışını izleyen karmaşık soy kronolojileri konusunda, çok fazla yoruma tabi tutuldular.

Bu Kitabı Mukaddes hesaplarının en ünlüsü, bütün İrlanda'nın Protestan Başpiskoposu James Ussher'ın hesabıdır. 1654'te Ussher, Yer'in yaratılış tarihini MÖ 23 Ekim 4004 Pazar gününden önceki gece olarak saptar. Bu tarih, birçok Kitabı Mukaddes'te Eski Ahit kronolojisinin bir parçası olarak yer alınca, Hıristiyan kültürde fiilen kutsallaştı.

> Dünyanın yaratılışından bu yana geçen yıllar, toplam 5698 yılı bulur.
> **Theophilus of Antioch**

Bilimsel bir yaklaşım

MS 10. yüzyılda İran'da bilginler, Yer'in yaşı sorununu daha ampirik ele almaya başladılar. Deneysel bilimin bir öncüsü olan El-Birûni'nin akıl yürütmesine göre, kuru karada deniz fosilleri bulunuyorsa, kara bir zamanlar denizin altında olmuş olmalı. Yer, uzun zamandır evriliyor olmalıydı. İranlı başka bir bilgin, İbn Sina, kaya tabakalarının üst üste bindiğini öne sürdü.

1687'de Isaac Newton soruna bilimsel bir yaklaşım önerdi. Yer erimiş demirden oluştuysa, o kadar büyük bir cismin soğumasının yaklaşık 50.000 yıl aldığını savundu. Bu rakamı, "akkor halde açık havaya bırakılan 2,5 cm çapında demir bir küre" için ölçülen soğuma zamanını ölçeklendirilerek elde etti. Newton, Yer'in oluşumuna ilişkin önceki anlayışlara bilimsel bir meydan okumanın kapısını açmıştı.

Newton'ı izleyen Georges-Louis Leclerc, Comte de Buffon, akkor halinde büyük bir demir topla deneyler yaptı ve Yer erimiş demirden oluştuysa, soğumasının 74.832 yıl alacağını gösterdi. Buffon, şahsen Yer'in çok daha yaşlı olması gerektiğini düşündü; çünkü deniz fosillerinin kalıntılarından tebeşir dağların

Arazi **sürekli çıplaklaşır** ve döküntüler **denizde birikir.** →

Yine de bu süreç **kara yüzeyin kaybolmasına** yol açmaz... ↓

...çünkü aynı sonsuz süreçlerle **önceki kıtalardan gelen** malzemeden yeni kıtalar oluşur. ←

Bir başlangıç işareti ve bir son ihtimali yoktur.

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Louis Agassiz 128–29 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Marie Curie 190–95 ▪ Ernest Rutherford 206–13

oluşması için çok uzun zaman dilimlerine ihtiyaç vardı. Ama bu düşüncesini kanıtsız yayınlamak istemedi.

Kayaçların sırrı

İskoçya'da, İskoç Aydınlanmasının önde gelen doğa filozoflarından biri olan James Hutton, Yer'in yaşı sorununa tamamen farklı bir yaklaşım benimsiyordu. Hutton jeolojik alan çalışmasının bir öncüsüydü ve 1785'te Edinburgh Kraliyet Derneğine savlarını kanıtlamak için alan çalışması kanıtlarını kullandı.

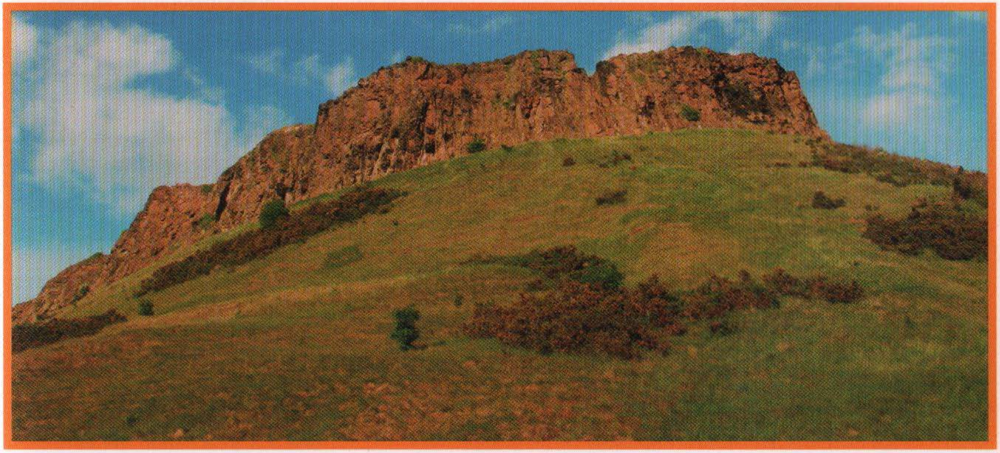
Hutton arazinin çıplaklaşma ve döküntülerinin denizde birikme süreçlerinin görünür sürekliliğinden etkilendi. Yine de bütün bu süreçler, beklenebileceği gibi, karasal yüzeyin kaybına yol açmadı. Olasılıkla, arkadaşı James Watt'ın yaptığı ünlü buhar motorunu düşünen Hutton, Yer'i, "bütün parçaları hareket eden maddi bir makine" olarak gördü; sürekli eski dünyanın kalıntılarından yeni bir dünya yeniden şekillenmekte ve yeniden dolaşıma girmekteydi.

Hutton, Yer-makine teorisini destekleyici kanıtları bulmadan formüle etti; ama 1787'de aradığı "uyumsuzlukları" –tortul kayaçların sürekliliğinde kopukluklar– buldu. Karaların çoğunun bir zamanlar deniz yatağı olduğunu; deniz tabanında tortu tabakaları oluştuğunu ve sıkıştığını gördü. Birçok yerde bu tabakalar yukarı doğru itilmişti, bu yüzden deniz seviyesinin üstündeydiler; çoğu kez çarpıktılar, bu yüzden yatay değildiler. Daha yaşlı katmanların kesik üst sınırlarından kayaç malzemenin, üstteki daha genç kayaçların tabanıyla birleştiğini fark etti.

Bu tür uyumsuzluklar Yer tarihinin birçok dönemi olduğunu göstermekteydi; bu sürede erozyon, taşınma ve kayaç döküntüsünün birikme ardışıklığı tekrarlanmış ve volkanik etkinlik kayaç tabakalarını hareket ettirmişti. Bugün bu, jeolojik döngü olarak biliniyor. Bu kanıttan yola çıkan Hutton, bütün kıtaların, aynı süreçlerle önceki kıtalardan kalan malzemeden oluştuğunu ve bu süreçlerin bugün hâlâ işlediğini ilan etti. "Bu yüzden, şimdiki bu araştırmanın sonucu şudur: Bir başlangıç izi –bir son ihtimali– görmüyoruz" diye yazdı.

Hutton'un "derin zaman"la ilgili düşüncelerinin popülerleşmesinin nedeni, Hutton'un gözlemlerini resimli bir kitapta yayımlayan İskoç bilim insanı John Pleyfair ve Hutton'un düşüncelerini üniformitaryanizm denilen bir sisteme çeviren İngiliz jeolog Charles Lyell'di. Bu sisteme göre, doğa yasaları hep aynıydı ve bu nedenle, geçmişin ipuçları şimdiki zamanda yatar. Ne var ki,

1770'te Hutton İskoçya'da, Edinburgh'da Salisbury Kayalıklarına yukarıdan bakan bir ev yaptırdı. Kayalıkların arasında, tortul kayaçların içine geçmiş volkanik malzeme kanıtlarını buldu.

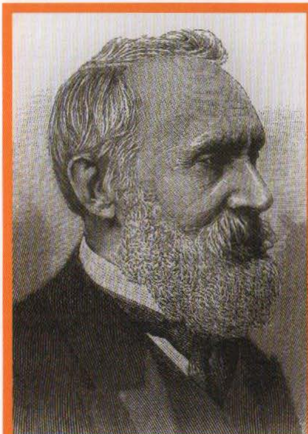


Hutton'un gezegenin eskiliğiyle ilgili içgörüleri jeologlara doğru gibi geldiği halde, gezegenin tam olarak kaç yaşında olduğunu belirlemenin doyurucu bir yöntemi hâlâ yoktu.

Deneysel bir yaklaşım

18. yüzyılın sonundan itibaren bilim insanları, Yer kabuğunun ardışık tortul katmanlardan oluştuğunu kabul etmekteydi. Bu katmanların jeolojik haritalarının çıkarılması, çok kalın olduklarını ve birçoğunun, birikme ortamlarında yaşamış organizmaların fosil kalıntılarını içerdiğini açığa çıkardı. 1850'lere gelindiğinde, jeolojik katman sütunu (stratigrafik sütun olarak de bilinir), sekiz tane adlandırılmış katman ve fosil sistemine az çok bölünmüştü; bu sistemlerin her biri, bir jeolojik zaman dilimini temsil etmekteydi.

Jeologlar, 25-112 km kalınlığında olduğu hesaplanan katmanların toplam kalınlığından etkilendiler. Bu tür katmanları oluşturan kayaç malzemenin aşınma ve birikme süreçlerinin çok yavaş olduğunu –100 yılda birkaç santimetre olduğu hesaplandı– gözlemlemişlerdi.



> Zihin, zaman uçurumunun derinliklerine bakmakla, sersemleşir gibi görünüyordu.
> **John Playfair**

1858'de Charles Darwin, Güney İngiltere'de Weald'ın Tersiyer ve Kretase dönemi kayaçlarını erozyonun kesmesinin 300 milyon yıl aldığını hesaplayınca, tartışmaya biraz hesapsız bir dalış yaptı. 1860'ta Oxford Üniversitesinde jeolog olan John Phillips, Yer'in yaklaşık 96 milyon yaşında olduğunu hesapladı.

Ama 1862'de, önde gelen İskoç fizikçi William Thomson (Lord Kelvin), bu tür jeolojik hesaplamalara bilimsel değil diye burun kıvırdı. Kelvin katı bir ampiristti ve Güneş'in yaşıyla sınırlı olduğunu düşündüğü Yer'in doğru yaşını belirlemek için fiziği kullanabileceğini öne sürdü. Yer'in kayaçlarına, erime noktalarına ve iletkenliklerine ilişkin bilgi, Buffon'un zamanından bu yana epeyce gelişmişti. Kelvin Yer'in başlangıç sıcaklığını 3900°C olarak aldı ve yüzeyden aşağı doğru gittikçe sıcaklığın arttığına –her 15 metrede yaklaşık 0,5°C– ilişkin gözlemi kullandı, Buradan Kelvin, Yer'in soğuyup şimdiki durumuna gelmesinin 98 milyon yıl aldığını hesapladı; daha sonra bunu 40 milyon yıla indirdi.

Lord Kelvin 1897'de, radyoaktivitenin keşfedildiği yıl, dünyanın 40 milyon yaşında olduğunu ilan etti. Yer kabuğundaki radyoaktif bozunmanın soğuma hızını büyük ölçüde yavaşlatan ısı verdiğini bilmiyordu.

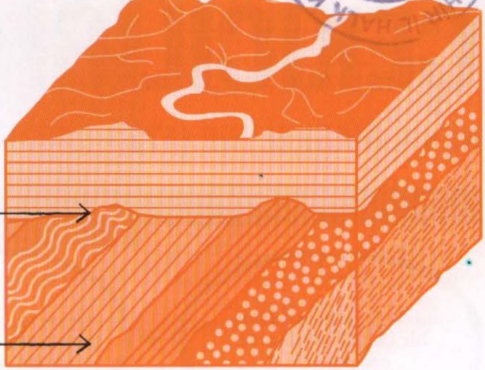
Radyoaktif bir saat

Kelvin o kadar itibarlıydı ki, ölçümü pek çok bilim insanı tarafından kabul edildi. Ama jeologlar 40 milyon yılın, gözlemlenen jeolojik süreçler, biriken çökeller ve tarih için yeterince uzun olmadığını hissettiler. Ama Kelvin'e karşı koyacak bilimsel bir yöntemleri yoktu.

1890'larda Yer'in bazı minerallerinde ve kayaçlarında doğal olarak oluşan radyoaktif elementlerin keşfi, Kelvin ile jeologlar arasındaki kilitlenmeyi çözecek anahtarı sağladı; çünkü atomların bozunma hızı güvenilir bir zaman ölçerdir. 1903'te Ernest Rutherford radyoaktif bozunum hızını kestirdi ve radyoaktivitenin, onu içeren mineralleri ve kayaçları tarihlemek için bir "saat" olarak kullanılabileceğini öne sürdü.

1905'te Rutherford Connecticut'ta, Glastonbury'de bir mineralin ilk radyometrik oluşum tarihlerini elde etti: 497-500 milyon yıl. Bunların minimum tarihler olduğu uyarısında bulundu. 1907'de Amerikalı radyokimyacı Bertram Boltwood, Rutherford'un tekniğini geliştirip, bilinen bir jeolojik bağlamı olan kayaçlarda minerallerin ilk radyometrik tarihlerini çıkardı. Bunların arasında, Sri Lanka'dan 2,2 milyar yaşında bir kayaç da vardı. 1946'ya gelindiğinde İngiliz jeolog Arthur Holmes, Grönland'da kurşun içeren kayaçlarda izotop ölçümleri yapmış ve 3,015 milyar yıllık bir yaş elde etmişti. Bu, Yer'in ilk güvenilir minimum yaşlarından biriydi. Sonra Holmes, kurşunun türediği uranyumun yaşını hesaplamaya geçti ve 4,46 milyar yıllık bir tarih elde etti; ama bunun, Yer'in

Uyumsuzluk, farklı yaşlarda iki kayaç katmanını ayıran gömülü yüzeydir. Bu şema, James Hutton'ın İskoçya'nın doğu kıyısında keşfettiklerine benzer bir açısal uyumsuzluğu gösterir. Burada kayaç katmanı tabakaları volkanik etkinlikle ya da Yer'in kabuğundaki hareketlerle yan yatmış, üstteki genç tabakalarla açısal bir uyumsuzluk oluşturmuştur.



Açısal uyumsuzluk

Daha eski, yan yatmış kayaç katmanları

oluştuğu gaz bulutunun yaşı olması gerektiğini düşündü.

Nihayet 1953'te Amerikalı jeokimyacı Clair Patterson Yer'in oluşumu için, ilk genel kabul gören 4,55 milyar yıllık radyometrik yaşı elde etti. Yer'in başlangıcından kalan bilinen bir mineral ya da kayaç yoktur; ama birçok göktaşının, Güneş Sistemindeki benzer olaylardan kaynaklandığı düşünülür. Patterson, Canyon Diablo göktaşındaki kurşunlu minerallerin radyometrik tarihini 4,51 milyar yıl olarak hesapladı. Yer'in kabuğundaki granit ve bazalt kor kayaçların 4,56 milyar yıllık radyometrik yaşıyla karşılaştırarak, tarih benzerliğinin Yer'in oluşma yaşının işareti olduğu sonucuna vardı. 1956'ya gelindiğinde, 4,55 milyar yıllık tarihin doğruluğuna güveninin arttıran başka ölçümler de yapmıştı. Bugün bilim insanlarının kabul ettiği rakam budur. ■

> Yerküremizin geçmiş tarihi, şimdi gerçekleşmekte olduğu görülebilen şeylerle açıklanmalıdır.
> **James Hutton**



James Hutton

1726'da Edinburgh'ta saygın bir tüccarın oğlu olarak doğan James Hutton, Edinburgh Üniversitesinde insan bilimleri okudu. Kimya ve ardından tıbba merak sardı; ama doktorluk yapmadı. Onun yerine, İngiltere'de East Anglia'da kullanılan yeni tarım tekniklerini inceledi; çıkarılan toprağı ve kayaçlar, jeolojiye ilgi duymasına yol açtı. Bu onu, İngiltere'de ve İskoçya'da alan deneyleri yapmaya götürdü.

1768'de Edinburgh'a dönen Hutton, mühendis James Watt ve ahlak felsefecisi Adam Smith'in de aralarında bulunduğu İskoç Aydınlanmasının önemli şahsiyetleriyle tanıştı. Sonraki 20 yıl boyunca Hutton, Yer'in yaşına ilişkin ünlü teorisini geliştirdi ve arkadaşlarıyla tartıştıktan sonra 1788'de uzun bir özet ve 1795'te çok daha uzun bir kitap olarak yayımladı. 1797'de öldü.

Önemli eserleri

1795 *Theory of the Earth with Proofs and Illustrations*



DAĞLARIN ÇEKİCİLİĞİ

NEVİL MASKELYNE (1732–1811)

KISACA

BİLİM DALI
Yer bilimi ve fizik

ÖNCE
1687 Isaac Newton Yer'in yoğunluğu ölçmek için deneyler önerdiği *Principia*'yı yayımlar.

1692 Yer'in manyetik alanını açıklamaya çalışan Edmond Halley, gezegenin eşmerkezli üç boş küreden oluştuğunu öne sürer.

1738 Pierre Bouguer, Ekvador'da bir volkan olan Chimborazo'da Newton'ın deneyini yapmaya kalkışır ve başarılı olmaz.

SONRA
1798 Henry Cavendish Yer'in yoğunluğunu hesaplamak için farklı bir yöntem kullanır ve 5448 kg/m^3 olduğunu bulur.

1854 Geogre Airy, bir madende sarkaç kullanarak Yer'in yoğunluğunu ortaya çıkarır.

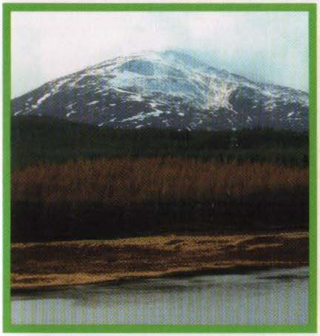
Bir dağın **kütleçekimi, bir çekül topuzunu çekmelidir.** → Çekül ipi, dağın ve Yer'in **göreli yoğunluğuna** bağlı olan **bir açıyla sarkar.** → **Sapmayı ölçmek,** Yer'in kütlesini hesaplamaya olanak vermelidir.

17. yüzyılda Isaac Newton "Yer'i tartma"nın –ya da Yer'in yoğunluğunu hesaplamanın– yöntemlerini önermişti. Bu yöntemlerden biri, bir dağın kütleçekimin onu düşeyden ne kadar uzağa çektiğini bulmak için bir çekül ipinin dağın her tarafındaki açısını ölçmeyi gerektiriyordu. Bu sapma, çekül doğrusu astronomik yöntemler kullanılarak hesaplanan bir düşeyle karşılaştırılarak hesaplanabilirdi. Dağın yoğunluğu ve hacmi belirlenebilse, o zaman buna bağlı olarak Yer'in yoğunluğu da belirlenebilirdi. Ne var ki, Newton'ın kendisi de, sapmanın o günün aletleriyle ölçülemeyecek kadar küçük olacağını düşündüğü için, bu düşünceye aldırış etmedi.

1738'de Fransız astronom Pierre Bouguer, deneyi Ekvador'da Chembarazo'nun yamaçlarında yapmaya çalıştı. Ne var ki, hava durumu ve yükseklik sorunlara neden oldu ve Bouguer ölçümlerinin doğru olmadığını düşündü.

1772'de Nevil Maskelyne, Londra Rolay Society'ye deneyin Britanya'da yapılabileceğini önerdi. Society kabul etti ve bir yerölçümcüyü uygun bir dağ

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ John Michell 88–89



Schiehallion, şekli simetrik ve yalıtık olduğu (bu nedenle diğer dağların kütleçekiminden daha az etkilendiği) için bu deney yer'i olarak seçildi.

seçmeye gönderdi. Maskelyne İskoçya'da Schiehallion'u seçti ve dağın her iki tarafından neredeyse dört ay gözlem yaparak geçirdi.

Kayaçların yoğunluğu

Çekülün yıldızlara göre yönelimi, yükseklik farkından ötürü, herhangi bir kütleçekim etkisi olmasa bile, iki istasyonda farklı olmalıydı. Ne var ki, bu hesaba katıldığında bile, hâlâ 11,6 saniyelik bir yay farkı (0,003 derecenin biraz üstünde) vardı. Maskelyne dağın şeklinin bir etüdünü ve kayaçlarının yoğunluk ölçümünü kullanıp, Schiehallion'un kütlesini çıkardı. Bütün Yer'in Schiehallion'la aynı yoğunlukta olduğunu varsayıyordu; ama çekül sapması, beklediğinin yarısından az bir ölçülen değer gösterdi. Maskelyne yoğunluk varsayımının doğru olmadığını anladı – Yer'in yoğunluğu, olasılıkla metalik bir çekirdeğe sahip olduğu için, yüzey yoğunluğundan fazlaydı. Fiilen gözlemlenen açı kullanılıp, Yer'in genel yoğunluğunun Schiehallion kayaçlarının yaklaşık iki katı olduğu çıkarıldı.

Bu sonuç, İngiliz astronom Edmond Halley'in savunduğu ve Yer'in içinin boş olduğunu söyleyen teoriyi çürüttü. Yer'in hacminden ve ortalama yoğunluğundan kütlesini çıkarmaya da olanak verdi. Maskelyne'in Yer'in genel yoğunluğu için bulduğu değer 4500 kg/m^3'tü. Bugün kabul edilen değer 5,515 kg/m^3'le karşılaştırıldığında, Yer'in yoğunluğunu yüzde 20'den az bir hatayla hesaplamış ve süreç içinde Newton'ın kütleçekim yasasını kanıtlamıştı. ■

> … Yer'in ortalama yoğunluğu, yüzeydeki yoğunluğun en az iki katıdır… Yer'in iç kesimlerinin yoğunluğu yüzeye yakın yoğunluktan fazladır.
> **Nevil Maskelyne**

Nevil Maskelyne



1732'de Londra'da doğan Nevil Maskelyne okulda astronomiye merak saldı. Cambridge Üniversitesinden mezun olup rahip atandıktan sonra, 1758'de Kraliyet Derneği üyesi oldu ve 1765'ten ölünceye kadar Kraliyet Astronomu oldu.

1761'de Kraliyet Derneği, Maskelyne'ı Atlantik adası St. Helena'ya Venüs geçişini gözlemlemeye gönderdi. Gezegen Güneş eğrisinden geçerken alınan ölçümler, astronomların Yer ile Güneş arasındaki mesafeyi hesaplamalarına olanak verdi. Denizdeyken boylam ölçme sorununu –o zamanın önemli bir sorunu– çözmeye de çok zaman harcadı. Yöntemi, ay ile verili bir yıldız arasındaki mesafeyi dikkatli bir biçimde ölçmeyi ve yayımlanmış cetvellere başvurmayı kapsamaktaydı.

Önemli eserleri

1764 *Astronomical Observations Made at the Island of St Helena*
1775 *An Account of Observations Made on the Mountain Schehallien for Finding its Attraction*



ÇİÇEKLERİN YAPISINDA VE DÖLLENMESİNDE DOĞANIN GİZEMİ

CHRISTIAN SPRENGEL (1750–1816)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1694 Alman botanikçi Rudolph Camerarius, bir bitkinin üreme kısımlarının çiçeklerde olduğunu gösterir.

1753 Carl Linnaeus, çiçek yapısına göre bir sınıflandırma kuran *Species Plantarum*'u yayımlar.

1760'lar Alman botanikçi Josef Gottlieb Kölreuter, bir çiçeği döllemek için polen taneciklerine ihtiyaç olduğunu kanıtlar.

SONRA
1831 İskoç botanikçi Robert Brown, polen taneciklerinin bir çiçeğin stigmasında (dişi kısım) nasıl çimlendiğini tarif eder.

1862 Charles Darwin çiçeklerle polen yayan böcekler arasındaki ilişkiyi ayrıntılı bir biçimde inceleyen *Fertilisation of Orchids*'i yayınlar.

18. yüzyılın ortasında İsveçli botanikçi Carl Linnaeus, çiçek bölümlerinin hayvanlardaki üreme organlarına paralel olduğunu anladı. Kırk yıl sonra Cahristian Sprengel adlı Alman bir botanikçi, çiçekli bitkilerin tozlaşmasında ve dolayısıyla döllenmesinde böceklerin nasıl büyük bir rol oynadığını ortaya çıkardı.

Karşılıklı çıkar

1787 yazında Sprengel, çiçekleri ziyaret edip içindeki nektarla beslenen böcekleri fark etti. Taçyaprak renginin ve şeklinin nektarın "reklamını" yapıp yapmadığını merak etmeye başladı ve böceklerin çiçeklere cezp edildiği sonucuna vardı; bu şeklide bir çiçeğin erkek organından tozlar böceğe yapışıyor ve başka bir çiçeğin dişi organına taşınıyordu. Böceğin ödülü, enerji bakımından zengin bir içimlik nektardı.

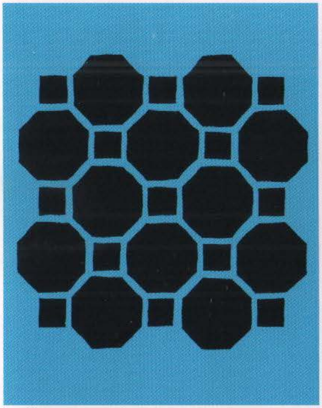
Sprengel bazı çiçekli bitkilerin, renk ve kokudan yoksunlarsa, tozlarını yaymak için rüzgâra güvendiklerini keşfetti. Birçok çiçeğin hem erkek hem dişi organ içerdiğini ve bu çiçeklerde, organların farklı zamanlarda olgunlaşıp, kendi kendini döllemeyi önlediğini de gözlemledi.

Sprenger'in 1793'te yayımlanan çalışması, sağken yeterince takdir edilmedi. Ama Charles Darwin çiçekli bitkiler ile onları tozlaştıran ve çapraz döllenmelerini sağlayan böceklerin birlikte evrimi –karşılıklı çıkar için– üzerine incelemesinde Sprenger'in çalışmasını sıçrama tahtası olarak kullanınca, sonunda hak ettiği itibara kavuştu. ■



Bir balarısı bu parlak renkli taçyaprakların ortasında sergilenen cinsel organlara konuyor. Balarıları bütün böcek tozlaştırmalarının yüzde 80'inden sorumludur ve bütün besin ürünlerinin üçte birin tozlaştırır.

Ayrıca bkz. Carl Linnaeus 74–75 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25



ELEMENTLER HEP AYNI ŞEKİLDE BİRLEŞİR

JOSEPH PROUST (1754–1836)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
MÖ y.400 Yunan düşünür Demokritos, dünyanın nihayetinde bölünmez küçük parçacıklardan –atomlar– oluştuğunu öne sürer.

1759 İngiliz kimyacı Robert Dossie, "doygunluk oranı" dediği doğru oranda oldukları zaman maddelerin birleştiğini savunur.

1787 Antoine Lavoisier ve Calude Louis Berthollet, kimyasal bileşikleri modern adlandırma sistemini tasarlar.

SONRA
1805 John Dalton elementlerin, birleşerek bileşikleri oluşturan, tikel bir kütlenin atomlarından oluştuğunu gösterir.

1811 İtalyan kimyacı Amedeo Avogadro, atomlar ile atomların oluşturduğu molekülleri ayrı tutar.

Fransız kimyacı Joseph Proust 1794'te yayımladığı Belirli Oranlar Yasası, elementler nasıl birleşirse birleşsin, bir bileşikte her elementin oranının her zaman aynı olduğunu gösterir. Bu teori, elementlerle ilgili bu dönemde ortaya çıkıp modern kimyanın temelini oluşturan temel düşüncelerden biriydi.

Proust keşfini yaparken, Fransız kimyacılığında Antoine Lavoisier'in öncülük ettiği, ağırlıkların, oranların ve yüzdelerin dikkatli ölçülmesini savunan bir eğilime uygun davranıyordu. Proust, metal oksitlerinde metallerin oksijenle birleşme yüzdelerini inceledi. Metal oksitler oluştuğunda, metal ve oksijen oranının sabit olduğu sonucuna vardı. Aynı metal farklı bir oranda oksijenle birleştiğinde, farklı özelliklere sahip farklı bir bileşik oluşturuyordu.

> Demir, diğer birçok metal gibi, her doğru bileşimi yöneten doğa yasasına tabidir; yani iki sabit oksijen oranıyla birleşir.
> **Joseph Proust**

Herkes Proust'la hemfikir değildi; ama 1811'de İsveçli kimyacı Jöns Jakob Berzelius, Proust'un teorisinin, John Dalton'ın elementlere ilişkin yeni atom teorisine –her elementin kendi benzersiz atomlarından oluştuğunu söyleyen teori– uygun olduğunu anladı. Bir bileşik her zaman aynı atomların bileşiminden oluşuyorsa, elementlerin her zaman sabit oranlarda birleştiğini söyleyen Proust'un savı doğru olmalı. Bu, bugün kimyanın temel yasalarından biri kabul edilir. ■

Ayrıca bkz. Henry Cavendish 78–79 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Jöns Jakob Berzelius 119 ▪ Dimitri Mendeleyev 174–79

İLERLE
YÜZYIl
1800–1900

EME

I

1800
Astronom William Herschel **kızılötesi ışınımı** keşfeder.

1803
John Dalton, **atom ağırlığı** düşüncesini sunar.

1811
Lyme Regis kayalıklarında Mary Anning bilinen ilk **ihtiyozor** iskeletini bulur.

1820
Hans Christian Ørsted, **bir akım devresi açıldığında** yakındaki bir **pusula ibresinin titreştiğini** keşfeder.

1821
Michael Faraday **elektrik motorunun** arkasındaki ilkeyi keşfeder

1837
Louis Agassiz **buz çağını** tasvir eder.

1842
Christian Doppler **çift yıldızların** neden renkli olduğunu açıklar.

1845
Alman kaşif Alexander von Humboldt, **ekoloji** düşüncesini sunar.

1799'da elektrik bataryasının icadı, tamamen yeni bilimsel araştırma alanları açtı. Danimarka'da Hans Christian Ørsted elektrik ile manyetizma arasında bir bağlantıyı tesadüfen keşfetti. Londra Royal Institution'da Michael Faraday manyetik alanların şeklini kafasında canlandırdı ve dünyanın ilk elektrik motorunu icat etti. İskoçya'da James Clerk Maxwell, Faraday'ın düşüncelerini aldı ve elektromanyetizmanın karmaşık matematiğini oraya çıkardı.

Görünmezi görmek

Elektromanyetik dalgaların görünmez biçimleri, ne oldukları bilinmeden ya da davranışlarını düzenleyen yasalar ortaya çıkarılmadan keşfedildi. Britanya'da, Bath'da çalışan Alman astronom William Herschel günışığının çeşitli renklerini ayırıp sıcaklıklarını araştırmak için bir prizma kullandı; termometresinin, görünür spektrumun kırmızı ucunun ötesinde daha yüksek bir sıcaklık gösterdiğini fark etti. Herschel kızılötesi ışınıma rastlamıştı ve ertesi yıl morötesi ışınım keşfedildi –spektrumda görünür ışıktan fazlası oluğunu kanıtlandı. Aynı şekilde daha sonra Wilhelm Röntgen Almanya'daki laboratuvarında X-ışınlarını tesadüfen keşfetti. İngiliz hekim Thomas Young, ışığın gerçekte bir dalga mı yoksa bir parçacık mı olduğunu belirlemek için akıllı bir çiftyarık deneyi tasarladı. Dalga girişiminin keşfi, tartışmayı halletmiş gibi görünüyordu. Prag'da Avusturyalı fizikçi Christian Doppler, ışığın çeşitli frekanslarda bir spektrumu olan bir dalga olduğu düşüncesinden yararlanarak çift yıldızların rengini açıklayıp, şimdi Doppler olayı olarak bilinen olguyu açıklığa kavuşturdu. Bu arada Paris'te Fransız fizikçiler Hippolyte Fizeau ve Léon Foucault ışığın hızını ölçtü ve suyun içinde, havada olduğundan daha yavaş yol aldığını gösterdi.

Kimyasal değişmeler

İngiliz meteorolog John Dalton atom ağırlığının kimyacılar için önemli bir kavram olabileceğini tereddütlü bir biçimde öne sürdü ve birkaç atomun ağırlığını hesaplamaya kalkıştı. On beş yıl sonra İsveçli kimyacı Jöns Jakob Berzelius daha tam bir atom ağırlıkları listesi hazırladı. Onun öğrencisi Alman kimyacı Friedrich Wöhler inorganik bir tuzu organik

1859 — Charles Darwin, *Türlerin Kökeni*'nde **evrim teorisini** açıklar.

1859 — Louis Pasteur yaşamın **kendiliğinden oluşumunu çürütür.**

1865 — August Kekulé **benzen molekülünün kimyasal yapısını** açıklar.

1866 — Gregor Mendel **bezelye genetiği** üzerine çalışmasını yayımlar.

1869 — Dimitri Mendeleyev, elementlerin **periyodik tablosunu** hazırlar.

1873 — James Clerk Maxwell, **elektromanyetizma yasalarını** yayımlar.

1895 — Wilhelm Röntgen **X-ışınlarını** keşfeder.

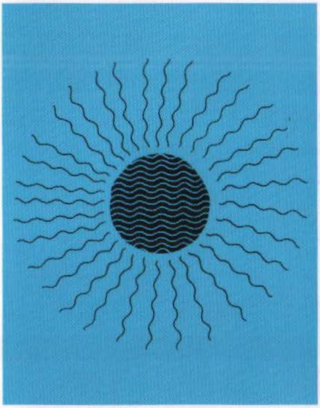
1898 — Marie Curie **radyoaktif polonyumu yalıtır.**

bir bileşiğe dönüştürdü ve canlı kimyasının ayrı kurallara göre çalıştığı düşüncesini çürüttü. Paris'te Louis Pasteur, yaşamın kendiliğinden yaratılmadığını gösterdi. Yeni düşüncelerin esin kaynağı çeşitliydi. Benzen molekülünün yapısı, Alman kimyacı August Kekulé'nin yatmaya giderken aklına geldi; Rus kimyacı Dimitri Mendeleyev elementlerin periyodik tablosu sorununu halletmek için bir deste oyun kâğıdı kullandı. Marie (Sklodowska) Curie polonyumu ve radyumu yalıtıp, hem kimya hem fizik alanında Nobel ödülü kazan ilk kişi oldu.

Geçmişin ipuçları

Yüzyıl, yaşam anlayışında bir devrimden başka bir şey görmedi. İngiltere'nin güney kıyısında Mary Anning, kayalıklardan kazıp çıkardığı soyu tükenmiş yaratıkların bir dizi fosilini belgeledi. Hemen ardından Richard Owen, bir zamanlar gezegende dolaşan "korkunç kertenkeleleri" tarif etmek için "dinozor" sözcüğünü uydurdu. İsviçreli jeolog Louis Agassiz, Yer'in büyük bölümünün bir zamanlar buzla kaplı olduğunu öne sürüp, Yer'in tarihi boyunca çok farklı koşullar yaşadığı düşüncesini daha da geliştirdi. Alexander von Humboldt disiplinlerarası içgörülerden yararlanıp, doğadaki bağlantıları açığa çıkardı ve ekoloji incelemelerini başlattı. Fransa'da Jean-Baptiste Lamarck bir evrim teorisinin ana hatlarını çizdi; yanılgıya düşerek, edinilmiş özelliklerin aktarılmasının evrimin itici gücü oluğuna inandı. Sonra 1850'lerde İngiliz doğa bilimciler Alfred Russel Wallace ve Charles Darwin'in aklına, doğal seçilimle evrim düşüncesi geldi. T. H. Huxley kuşların dinozorlardan evrilmiş olabileceğini gösterdi ve evrimi destekleyen kanıtlar arttı. Bu arada, Gregor Mendel adlı Almanca konuşan Silezya'lı papaz binlerce bezelye bitkisini inceleyerek genetiğin temel yasalarını ortaya çıkardı. Mendel'in çalışması birkaç on yıl ihmal edilecekti, ama yeniden keşfedilmesi doğal seçilimin genetik mekanizmasını sağlayacaktı.

1900'de İngiliz fizikçi Lord Kelvin'in şöyle dediği iddia edilir: "Artık fizikte keşfedilecek yeni bir şey yoktur. Geriye kalan tek şey, giderek daha kesin ölçümdür." Eli kulağında olan sarsıntıları tahmin etmiş olamaz. ■



DENEYLER GÜNEŞ PARLARKEN KOLAYLIKLA TEKRARLANABİLİR

THOMAS YOUNG (1773–1829)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1678 Christian Huygens, ışığın dalga olarak yol aldığını ilk kez önerir. *Treatise on Light*'ı 1690'da yayımlar.

1704 *Opticks* kitabında Isaac Newton, ışığın parçacık ya da "tanecik" akışlarından oluştuğunu öne sürer.

SONRA
1905 Albert Einstein ışığın hem dalga hem daha sonra foton denilen parçacık olarak düşünülmesi gerektiğini savunur.

1916 ABD'li fizikçi Robert Andrews Millikan, Einstein'ın haklı olduğunu deneyle kanıtlar.

1961 Claus Jönsson, Young'ın çiftyarık deneyini elektronlarla tekrarlar ve ışık gibi elektronların da hem dalga hem parçacık gibi davranabildiklerini gösterir.

Eğer **ışık düz çizgi halinde yol alan parçacıklardan** oluşuyorsa, basit bir deneyle kanıtlanabilir.

↓

Bir ışığı iki bitişik yarıktan bir perdeye yansıtın. Perdede **iki ışık havuzu** görülmelidir.

↓

Ama onun yerine, tıpkı su dalgaları iki yarıktan akınca olduğu gibi, **ışığın ve karanlığın karışan örüntülerini** yaratır.

↓

Işık dalga olarak yol almalı.

19. yüzyılın dönümünde ışığın doğası sorunuyla ilgili bilimsel görüş bölünmüştü. Isaac Newton bir ışık demetinin sayısız, minik, hızlı hareket eden "taneciklerden" (parçacık) oluştuğunu savunmuştu. Işık mermiye benzer bu taneciklerden oluşursa, diyordu, ışığın düz çizgiler halinde yol almasının ve gölge yapmasının nedenini açıklar.

Ama Newton'ın tanecikleri ışığın neden kırıldığını (cama girince büküldüğünü) ya da gökkuşağının renklerine bölündüğünü –yine kırılmanın bir sonucu– açıklamıyordu. Christian Huygens ışığın taneciklerden değil dalgalardan oluştuğunu savunmuştu. Işık dalga olarak yol alırsa, diyordu Huygens, bu olayları açıklamak kolay olur. Ama Newton o kadar heybetliydi ki, pek çok bilim insanı parçacık teorisine arka çıktı.

Sonra 1801'de İngiliz hekim ve fizikçi Thomas Young'ın aklına, sorunu şöyle ya da böyle halledeceğine inandığı basit ama yaratıcı bir deney tasarlamak geldi. Bu düşünce, Young berrak bir su damlacığından geçen mum ışığının yarattığı ışık örüntülerine bakarken başladı. Örüntü parlak bir merkezin etrafında renkli halkları gösteri-

Ayrıca bkz. Christiaan Huygens 50–51 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Léon Foucault 136–37 ▪ Albert Einstein 214–21

yordu ve Young, halkalara etkileşen ışık dalgalarının neden olup olmadığını merak etti.

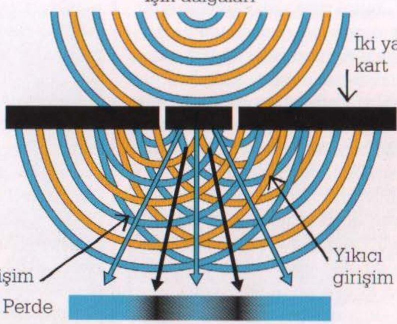
Çiftyarık deneyi

Young bir oyun kâğıdında iki yarık açtı ve üzerlerine bir ışık demeti çevirdi. Işık, yarıkların arkasına yerleştirilen kâğıt perdede, Young'ı dalga olduklarına inandıran bir örüntü yarattı. Newton'ın dediği gibi ışık parçacık akışları olsaydı, her yarığın tam ötesinde bir ışık şeridi olmalıydı. Ama Young, hatları belirsiz bir barkod gibi, almaşık parlak ve koyu bantlar gördü. Işık dalgalarının yarıkların ötesine yayılınca etkileşim içine girdiklerini öne sürdü. İki dalga aynı zamanda yukarı (tepe) ya da aşağı (çukur) dalgalansa, iki kat büyük bir dalga meydana getirirler (yapıcı girişim) – parlak bantlar yaratarak. Bir dalga yukarı doğru dalgalanırken diğeri aşağı doğru dalgalanırsa, birbirlerini silerler (yıkıcı girişim) –koyu bantlar yaratarak. Young ışığın farklı renklerinin farklı girişim örüntüleri yarattığını da gösterdi. Bu, ışığın renginin dalga boyuna bağlı olduğunu kanıtladı.

> Bilimsel araştırmalar, insanın kendisinden öncekilere ve çağdaşlarına karşı yürüttüğü bir tür savaştır.
> **Thomas Young**

Young'ın çiftyarık deneyi, ışığın bir parçacık değil, bir dalga olduğuna bilim insanların bir yüzyıl boyunca inandırdı. Sonra 1905'te Albert Einstein, ışığın sanki bir parçacık akışıymış gibi de hareket ettiğini gösterdi – bir parçacık ve bir dalga gibi davranabilir. Young'ın deneyi o kadar basitti ki, 1961'de Alman fizikçi Claus Jönsson atomaltı parçacık elektronlarının benzer girişim ürettiğini, dolayısıyla onların da dalga olması gerektiğini göstermek için bu deneyi kullandı. ▪

Burada ışık bir oyun kagıdındaki iki yarıktan geçip bir perdeye ulaşır. Yarıktan geçen ışık dalgaları girişir. Tepelerin (sarı) çukurlarla (mavi) kesiştiği yerde yıkıcı girişim vardır. Tepelerin tepelerle çukurların çukurlarla kesiştiği yerde, yapıcı girişim vardır.





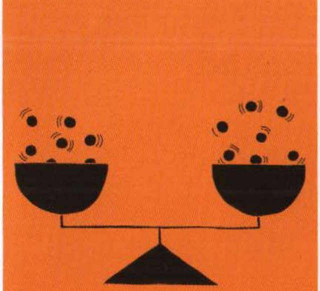
Thomas Young

İngiltere'de Somerset'te Quaker ebeveynlerin büyüttüğü 10 çocuğun en büyüğü olan Thomas Young'ın parlak zekâsı onu bir çocuk dahi yaptı ve "Genç Fenomen" lakabı takıldı. 13 yaşında beş dilden metinleri okuyabiliyordu – yetişkin olarak Mısır hiyegroliflerinin ilk modern çevirisini yaptı.

İskoçya'da tıp eğitim aldıktan sonra 1799'da Londra'da hekimliğe başladı; ama boş zamanlarında, bir müzikal akord teorisinden dilbilime kadar her konuda araştırma yapan gerçek bir bilgindi. Ama en çok ışık üzerine çalışmalarıyla ünlüdür. Işık girişimi ilkesini kanıtlamanın yanı sıra, renkli görmeye ilişkin ilk modern bilimsel teoriyi geliştirdi ve gördüğümüz renklerin, üç temel rengin –mavi, kırmızı ve yeşil– değişik oranları olduğunu savundu.

Önemli eserleri

1804 *Experiments and Calculations Relative to Physical Optics*
1807 *Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*



NİHAİ PARÇACIKLARIN GÖRELİ AĞIRLIKLARINI BELİRLEMEK

JOHN DALTON (1766–1844)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
MS y.400 Demokritos, dünyanın bölünmez parçacıklardan oluştuğunu öne sürer.

MS 8. yüzyıl İranlı bilgin Câbir bin Hayyân elementleri metal olanlar ve olmayanlar şeklinde sınıflandırır.

1794 Joseph Proust bileşiklerin, her zaman aynı oranda birleşen elementlerden oluştuğunu gösterir.

SONRA
1811 Amedeo Avogadro, eşit miktarda farklı gazın eşit sayıda molekül içerdiğini gösterir.

1869 Dimitri Mendeleyev, elementleri atom ağırlıklarına göre sergileyen bir periyodik tablo çizer.

1897 J. J. Thomson elektronu keşfederek, olası en küçük parçacığın atom olmadığını gösterir.

Elementler birbirleriyle **birleşip sabit oranlı** bileşikler oluşturur.

→ Bu sabit oranlar her bir elementin **atomlarının göreli ağırlığına** bağlı olmalıdır.

↓ Bu nedenle bir elementin **atom ağırlığı,** bir **bileşiğe** giren **her elemintin ağırlığından hesaplanabilir.**

← **Elementler tablosu nihai parçacıkların ağırlığını temel alır.**

18. yüzyılın sonuna doğru bilim insanları dünyanın bir dizi temel maddeden ya da kimyasal elementten oluştuğunu anlamaya başlamıştı. Ama hiç kimse bir elementin ne olduğundan emin değildi. İngiliz meteorolog john Dalton hava durumuna ilişkin incelemelerinde, her elementin kendine özgü benzersiz, özdeş atomlardan oluştuğunu ve bir elementi ayırt eden ve tanımlayan şeyin bu özel atom olduğunu gördü. Dalton kimyanın temelini attı. Atom düşüncesinin tarihi eski Yunanistan'a kadar geri gider; ama hep bütün atomların özdeş oldukları varsayılmıştı. Dalton'ın farkı, her elementin farklı atomlardan oluştuğunu anlamış olmasıydı. O zaman bilinen elementleri –hidrojen,oksijen ve nitrojen dahil– oluşturan atomları "katı, tek parça halinde, sert, içine girilmez,hareketli parçacıklar" olarak tarif etti.

Dalton'ın düşünceleri, havanın su emme miktarını hava basıncının nasıl belirlediğini araştırırken ortaya çıktı. Havanın farklı gazların bir karışımı olduğuna inanmaya başladı. Deney yaparken, verili

Ayrıca bkz. Joseph Proust 105 ▪ Dimitri Mendeleyev 174–79

> Cisimlerin nihai parçacıklarının göreli ağırlığını araştırmak, bildiğim kadarıyla tamamen yeni bir konudur.
> **John Dalton**

miktarda saf oksijenin aynı miktarda saf nitrojenden daha az su buharı tuttuğunu gözlemledi ve bundan, oksijen atomlarının nitrojen atomlarından daha büyük ve daha ağır olduğu sonucunu çıkardı.

Ağırlık önemlidir

Dalton farklı elementlerin atomlarının ağırlıklarına göre ayırt edilebileceğini anladı. İki ya da daha fazla elementin atomlarının ya da "nihai parçacıklarının" birleşip çok basit oranlı bileşikler oluşturduklarını gördü ve bu şekilde, bir bileşiğe giren her elementin ağırlığıyla her atomun ağırlığını çıkarabilirdi. Çok hızlı bir biçimde o zaman bilinen her elementin atom ağırlığını ortaya çıkardı.

Dalton'a göre hidrojen en hafif gazdı, bu nedenle onun atom ağırlığını 1 olarak belirledi. Suda hidrojenle birleşen oksijenin ağırlığından ötürü, oksijenin atom ağırlığını 7 olarak belirledi. Ne var ki, Dalton'un yönteminde bir kusur vardı; çünkü aynı elementin atomlarının birleşebileceğini fark etmedi. Bir atom bileşiğinde –bir molekülde– her elementten yalnızca bir atom olduğunu varsaydı. Ama Dalton'un çalışması bilim insanlarını doğru yola sokmuştu ve on yıl içinde İtalyan fizikçi Amedeo Avogadro bir moleküler oran sistemi geliştirip, atom ağırlıklarını doğru bir biçimde hesapladı. Yine de Dalton'un teorisinin temel düşüncesinin –her elementin kendine özgür berzersiz– büyüklükte atomları olduğu düşüncesi- doğru olduğu anlaşıldı. ■



Dalton'nun tablosu farklı elementlerin simgelerini ve atom ağırlıklarını gösterir. Dalton, metoroloji üzerinden, hava ve su parçacıklarının neden birbirine karışabildiğini kendine sorarak atom teorisine ulaştı.

John Dalton



İngiltere'de Lake District'te 1766'da Quaker bir ailede doğan John Dalton, 15 yaşından itibaren düzenli hava durumu gözlemleri yaptı. Bunlar birçok önemli içgörü edinmesini sağladı – atmosfer neminin hava soğuyunca yağmura dönüştüğünü görmesi gibi. Dalton meteorolojik araştırmaları dışında, kardeşiyle paylaştıkları bir durumdan da büyülendi: renk körlüğü. Bu konuyla ilgili bilimsel tebliği, 1817'de başkanlığına seçildiği Manchester Edebiyat ve Felsefe Derneğine kabul edilmesini sağladı. Bu dernek için, atom teorisiyle ilgili olanlar da dahil yüzlerce bilimsel yazı yazdı. Atom teorisi hızla kabul gördü ve Dalton sağlığıda bir şöhret oldu – 1844'te Manchester'te cenaze törenine 40.000'den fazla kişi katıldı.

Önemli eserleri

1805 *Experimental Enquiry into the Proportion of the Several Gases or Elastic Fluids, Constituting the Atmosphere*
1808–27 *New System of Chemical Philosophy*



ELEKTRİKLE ÜRETİLEN KİMYASAL ETKİLER

HUMPHRY DAVY (1778–1829)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1735 İsveçli kimyacı Georges Brandt kobaltı keşfeder; bu sonraki 100 yılda bulunacak birçok yeni metalin ilkidir.

1772 İtalyan hekim Luigi elektriğin bir kurbağa üzerindeki etkisini fark eder ve elektriğin biyolojik olduğuna inanır.

1799 Alessandro Volta birbirine dokunan metallerin elektrik ürettiğini gösterir ve ilk bataryayı yaratır.

SONRA
1834 Davy'nin eski asistanı Michael Faraday elektrolizin yasalarını yayımlar.

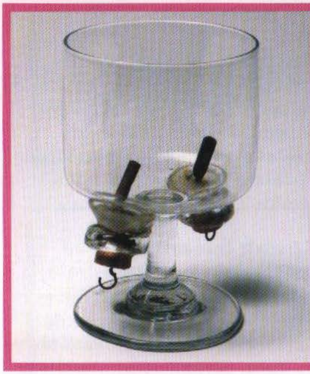
1869 Dimitri Mendeleyev bilinen elementleri periyodik bir tablo şeklinde düzenleyip, ilk kez Davy'nin 1807'te saptatığı yumuşak alkali metaller grubunu yaratır.

1800'de Alessandro Volta "volta pili"ni –dünyanın ilk pilini– icat etti ve çok geçmeden birçok bilim insanı pille deneyler yapmaya başladı.

İngiliz kimyacı Humphry Davy pilin elektriğinin kimyasal bir tepkime tarafından üretildiğini anladı. Pilin iki farklı metali (elektrotlar) tuzlu suya batırılıp aralarına konan kâğıt aracılığıyla tepkimeye girince elektrik yükü akar. 1807'de Davy kimyasal bileşikleri ayırmak için bir pilin elektrik yükünü kullanabileceğini fark ederek yeni elementler keşfetti ve daha sonra elektroliz denilen işleme öncülük etti.

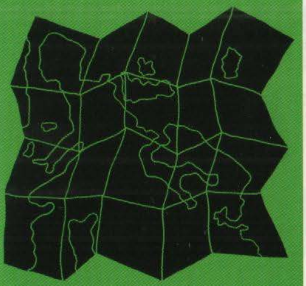
Yeni metaller

Davy elektrik iletmesi için laboratuvarında nemli havaya tutarak nemlendirdiği kuru potasyum hidroksite (potas) iki elektrot soktu. Negatif yüklü elektrotta metal kürecikler oluşmaya başladı. Kürecikler yeni bir elementti: metal potasyum. Birkaç hafta sonra sodyum hidroksiti (sudkostik) elektrolize tabi tuttu ve medal sodyumelde etti. 1808'de eletroliz kullanıp dört metal element daha –kalsiyum, baryum, strontiyum ve magnezyum– ve metaloit boru keşfetti. Elektroliz gibi, bu metallerin ticari kullanımının da oldukça değerli olduğu anlaşıldı. ■



Davy Londra Royal Institution'da verdiği derslerde, elektrolizin suyu iki elementine, hidrojene ve oksijene nasıl ayırdığını göstermek için buna benzer bir aygıt kullandı.

Ayrıca bkz. Alessandro Volta 90–95 ▪ Jöns Jakob Berzelius 119 ▪ Hans Christian Ørsted 120 ▪ Michael Faraday 121 ▪ Dimitri Mendeleyev 174–79



BİR ULUSUN KAYAÇLARININ HARİTASINI ÇIKARMAK

WILLIAM SMITH (1769–1839)

KISACA

BİLİM DALI
Jeoloji

ÖNCE
1669 Nicolas Steno, jeologların kayaç tabakalarını anlamalarına rehberlik edecek stratigrafinin ilkelerini yayımlar.

1760'lar Almanya'da jeolog Johann Lehmann ve Georg Füchsel jeolojik tabakaların ilk ölçülmüş kesitlerini ve haritalarını hazırlar.

1813 İngiliz jeolog Robert Bakewell İngiltere'de ve Galler'de kayaç tiplerinin ilk jeognosik haritasını çıkarır.

SONRA
1835 Ülkenin sistematik jeolojik haritasını çıkarmak için Geological Survey of Great Britain [Büyük Britanya Jeoloji Araştırmaları] kurulur.

1878 İlk Uluslararası Jeoloji Kongresi Paris'te toplanır. O günden sonra her üç ila beş yılda bir kongreler toplandı.

Geç 18. yüzyılın ortasında Avrupa'nın Sanayi Devrimine güç vermek için yakıt ve cevher bulma ihtiyacı, jeolojik haritalar çıkarmaya ilgiyi kamçıladı. Alman mineraloglar Johann Lehmann ve Georg Füchsel topografyayı ve kayaç tabakalarını gösteren havadan ayrıntılı görüntüler çıkardı. Sonraki birçok jeolojik harita farklı kayaç tiplerinin yüzey dağılımın göstermekten fazla bir şey yapmadı – Fransa'da 1811'de Paris Havzasının jelojisini haritalandıran Georges Cuvier ile Alexandre Brongniart'ın ve Britanya'da William Smith'in çalışmalarına kadar.

> Doğa bilimci için düzenli fosiller antikacının sikkeleri gibidir.
> **William Smith**

İlk ulusal harita

Kendi kendini yetiştiren bir mühendis ve ölçümcü olan Smith 1815'te İngiltere'yi, Galler'i ve İskoçya'nın bir kısmını gösteren ilk ulusal jeolojik haritayı çıkardı. Madenlerden, taş ocaklarından, kayalıklardan, kanallaran, kara ve demiryolu kazılarından örnekler toplayan Smith, Steno'nun stratigrafi ilkelerini kullanarak kayaç tabakalarının dizilişini saptadı ve her tabakayı kendine özgü fosillere göre tanımladı. Tabaka dizilişinin ve içinde oluştukları jeolojik yapıların dikey kesitlerini de çizdi.

Sonraki birkaç on yılda ilk ulusal jeolojik araştırma merkezleri kuruldu ve bu merkezler kendi ülkelerinin haritalarını yöntemli bir biçimde çıkarmaya koyuldular. 19. yüzyılın ikinci yarısında uluslararası anlaşmayla, benzer çağlara ait tabakaların ulusal sınırları aşan bağıntıları kuruldu. ■

Ayrıca bkz. Nicolas Steno 55 ▪ James Hutton 96–101 ▪ Mary Anning 116–17 ▪ Louis Agassiz 128–29



KEMİKLERİN HANGİ KABİLEYE AİT OLDUĞUNU BİLİYOR

MARY ANNING (1799–1847)

KISACA

BİLİM DALI
Paleontoloji

ÖNCE
11. yüzyıl İranlı bilgin İbn Sina kayaçların fosil oluşmasına yol açan taşlaşmış akışkandan oluşmuş olabileceğini öne sürer.

1753 Carl Linnaeus kendi biyolojik sınıflandırma sistemine fossileri dahil eder.

SONRA
1830 İngiliz ressam Henry De la Beche "derin zaman"a ait bir sehnenin ilk paleo-canlanrdırmalarından birini yapar.

1854 Richard Owen ve Benjamin Waterhouse Hawkins soyu tükenmiş bitki ve hayvanların ilk gerçek boyutta canlandırmalarını yapar.

Erken 20. yüzyıl Radyometrik tarihleme tekniklerinin gelişmesi, bilim insanlarının fosilleri içinde oluştukları kayaç tabakalarına göre tarihlendirmelerine olarak verir.

Fosiller bitki ve hayvanların **korunmuş kalıntıları**dır. → Bugün **artık var olmayan büyük hayvanların** fosilleri bulundu. → Geçmişte Yeryüzünde **çok farklı hayvanlar** yaşadı.

18. yüzyılın sonuna gelindiğinde fosillerin, bir zamanlar yaşayan ve etraflarındaki çökelti katılaşıp kayaçlaşınca taşlaşan organizmaların kalıntıları olduğu genel olarak kabul edilmekteydi. Hem fosiller hem canlı organizmalar, İsveçli taksonomist Carl Linnaeus gibi doğa bilimciler tarafından ilk kez bir tür, cins ve familya hiyerarşisi şeklinde sınıflandırıldı. Bununla birlikte, fosil kalıntılar hâlâ çevresel ve biyolojik bağlamlarından yalıtık görülüyorlardı.

19. yüzyılın başında yaşayan hayvanların kemiklerine benzemeyen fosilleşmiş büyük kemiklerin bulunması, birçok yeni soruyu gündeme getirdi. Sınıflandırma sistemlerinde nereye uygun düşüyorlardı ve soyları ne zaman tükenmişti? Batı dünyasının Musevi-Hıristiyan kültüründe iyiliksever bir Tanrının, kendi yaratıklarından birinin yok olmasına izin vereceği düşünülüyordu.

Uçurumun ucubeleri

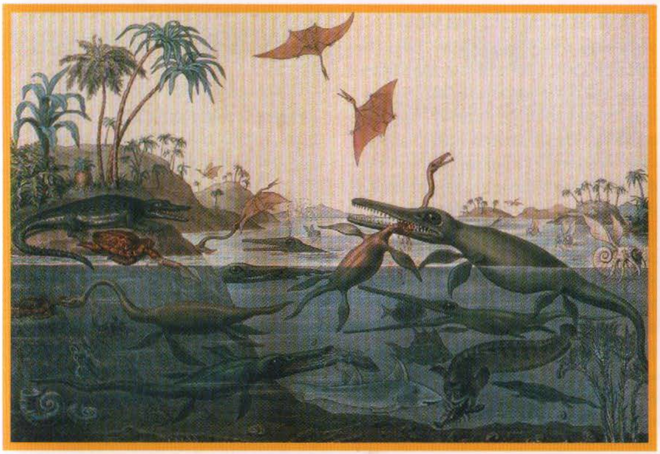
Bu büyük ve farklı fosil kalıntıların ilk örnekleri, Güney İngiltere kıyısında Lyme Regis civarında fosil toplayıcı Anning ailesi tarafından bulundu. Burada Jura dönemine ait kireçtaşı ve kiltaşı tabakaları görülür; denizin aşındırdığı kayalıklarda, eski deniz organizmalarının bol miktarda

Ayrıca bkz. Carl Linnaeus 74–75 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Thomas Henry Huxley 172–73

kalıntıları ortaya çıkar. 1811'de Joseph Anning, 1,2 metre uzunluğunda bir kafatası buldu; tuhaf ölçüde uzun ve dişli bir gagası vardı. Kız kardeşi Mary iskeletin geri kalan kısımlarını buldu ve kalıntıları 23 pounda sattılar. Londra'da sergilenen bu kalıntı, soyu tükenmiş bir "uçurum ucubesi"nin ilk eksiksiz iskeletiydi ve epeyce ilgi çekti. Soyu tükenmiş bir deniz sürüngeni olarak tanımlandı ve "balık-kertenkele" anlamına gelen ihtiyozor adı verildi.

Anning ailesi daha sora daha fazla ihtiyozorun yanı sıra, başka bir deniz sürüngeni olan plesiyozorun ilk eksiksiz örneğini, uçan bir sürüngenin ilk İngiliz örneğini, yeni fosil balıklar ve kabuklu deniz hayvanları buldu. Bulunan balıklar arasında mürekkep torbası korunmuş ve belemnit olarak bilinen kafadanbacaklılar da vardı. Ailenin, özellikle Mary'nin fosil avlama yeteneği vardı. Mary yoksul olmasına rağmen okur-yazardı ve kendi kendine jeoloji ve anatomi öğrendi; bu da onu çok daha üretken fosil avcısı yaptı. 1824'te Lady Harriet Sylvester'ın dediği gibi, Mary Anning "bilime o kadar aşina ki, bulduğu her kemiğin hangi kabileye ait olduğunu anınında bilir." Birçok fosul türünde, özellikle korpolit –fosilleşmiş dışkı– konusunda otorite haline geldi.

Eski Dorset'te Anning'in fosillerinin açığa çıkardığı yaşamın resmi, şimdi soyları tükenmiş çok çeşitli hayvanların yaşadığı tropik kıyılardan birinin tasviriydi. 1854'te Anning'in fosilleri, heykeltıraş Benjamin Waterhouse Hawkins ve paleontolog Richard Owen'ın Londra Crystal Palace için yaptığı ilk gerçek boyutta ihtiyozor canlandırmasına model oldu. "Dinozor" sözcüğünü Owen uydurdu; ama Jura dönemindeki yaşamın zenginliğini ilk kez Anning gösterdi. ▪



1830'da Henry De la Beche, Anning'in fosil keşiflerini temel alarak Dorset civarında Jura dönemi denizlerindeki yaşamı bu şekilde canlandırdı.



Mary Anning

Kendi kendini yetiştiren fosil toplayıcı Mary Anning yaşamıyla ilgili birçok biyografi ve roman yazıldı. Kıyı köyü Lyme Regis'te yaşayan yoksul bir ailenin doğan 10 çocuğundan hayatta kalan iki çocuğundan biriydi. Aile, sayıları giderek artan turistlere fosil satarak kıt kanat geçiniyordu. Ama Mary en önemli fosili bulup sattı – 201-145 milyon yıl önce yaşamış Jura dönemi sürüngenlerin fosileri.

Cinsiyeti, aşağı toplumsal konumu ve dinsel ortodoksluktan uzak oluşu nedeniyle, yaşadığı dönemde çalışmaları fazla resmi kabul görmedi ve bir mektupta şunları söyledi: "Dünya beni nezaketsizce kullandı, korkarım beni herkesten kuşkulanır duruma getirdi." Bununla birlikte, jeoloji çevrelerinde ve onun uzmanlığından yararlanmak isteyen bilim insanları arasında tanındı. Sağlığı bozulunca Anning'e, bilime katkılarından ötürü yılık 25 poundluk küçük bir emekli maaşı bağlandı. 47 yaşında göğüs kanserinden öldü.



EDİNİLMİŞ ÖZELLİKLERİN KALITIMI

JEAN-BAPTISTE LAMARCK (1744–1829)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
y.1495 Leonardo da Vinci, fosillerin eski yaşamın kalıntıları olduğunu öne sürer.

1796 Georges Cuvier, fosil kemiklerin soyu tükenmiş mastodonlara ait olduğunu kanıtlar.

1799 William Smith farklı dönemlere ait kayaç tabakalarında fosil dizilişini gösterir.

SONRA
1858 Charles Darwin, doğal seçilimle evrim teorisini tanıtır.

1942 "Modern sentez" yeni türlerin nasıl doğduğunu açıklama çabasıyla Gregor Mendel'in genetiğini Darwin'in doğal seçilimiyle, paleontolojiyle ve ekolojiyle uzlaştırır.

2005 Eva Jablonka ve Marion Lamb, genetik olmayan, çevresel ve davranışsal değişimlerin evrimi etkileyebildiğini iddia eder.

1809'da Fransız doğa bilimci Jean-Baptiste Lamark, Yeryüzünde yaşamın zaman içinde evrildiğini söyleyen ilk büyük teoriyi sundu. Teorisinin itici gücü, bugün yaşayanlardan farklı yaratıkların fosillerinin bulunmasıydı. 1796'da Fransız doğa bilimci Geogres Cuvier, fosilleşmiş filinkine benzeyen kemiklerin modern fillerin kemiklerinden anatomik olarak bariz ölçede farklı olduğunu, şimdi mamut ve mastadon denilen soyu tükenmiş yaratıklara ait olması gerektiğini göstermişti.

Cuvier geçmişin yok olmuş yaratıklarını felaket kurbanları olarak açıkladı. Lamark bu düşünceye karşı çıktı ve yaşamın zaman içinde tedricen ve sürekli "değişime" ya da evrime uğradığını, en basit yaşam formlarından en karmaşık yaşam formlarına geliştiğini savundu. Ona göre çevrede meydana gelen bir değişim, bir organizmanın özelliklerinde bir değişimi kamçılayabilirdi. Sonra bu değişimler üremeyle aktarılabilirdi. Yararlı olan özellikler daha fazla gelişir; yararlı olmayanlar koybolabilirdi.

> "Doğanın uzun zaman dilimleri içinde yaptığını biz her gün yapıp, bazı canlı bitki türlerinin bulunduğu ortamı aniden değiştiriyoruz."
> **Jean-Baptiste Lamarck**

Lamark özelliklerin bir yaratığın yaşadığı sürede edinildiğine ve aktarıldığına inanıyordu. Daha sora Darwin, gebelikte mutasyonlar varlığını sürdürüp doğal seçilimle aktarıldığı için değişimlerin gerçekleştiğini gösterdi ve "edinilmiş özellikler" düşüncesiyle dalga geçildi. Ama son zamanlarda bilim insanları, çevrenin –kimyasallar, ışık, ısı ve yiyecekler– genleri ve genlerin dışa vurumunu gerçekten değiştirebildiğini öne sürmektedir. ■

Ayrıca bkz. William Smith 115 ▪ Mary Anning 116–17 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ Michael Syvanen 318–19



HER KİMYASAL BİLEŞİĞİN İKİ PARÇASI VARDIR

JÖNS JAKOB BERZELIUS (1779–1848)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1704 Isaac Newton atomların bir kuvvet tarafından birbirine bağlandığını öne sürer.

1800 Alessandro Volta iki farklı metali yan yana koymanın elektrik üretebildiğini gösterir ve böylece ilk pili yaratır.

1807 Humphry Davy tuzları elektrolizle ayırarak sodyumu ve diğer metal elementleri keşfeder.

SONRA
1857–58 August Kekulé ve diğerleri valans –bir atomun oluşturabildiği bağ sayısı– düşüncesini geliştirir.

1916 ABD'li kimyacı Gilbert Lewis elektronların paylaşıldığı kovalent bağ düşüncesinin öne sürerken, Alman fizikçi Walther Kossel iyonik bağlar düşüncesini önerir.

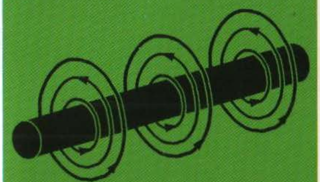
Alessandro Volta'nın pili buluşundan esinlenen kimyacılar kuşağının öncü ışığı İsveçli Jöns Jakob Berzelius bir dizi deney yapıp, elektriğin kimyasallar üzerindeki etkisine baktı. 1819'da yayımlanan, elektrokimyasal düalizm denilen ve bileşiklerin karşıt elektrik yüklü elementlerin bir araya gelmesiyle yaratıldığını öne süren bir teori geliştirdi.

1803'te Berzelius bir maden sahibiyle birlikte çalışıp, bir volta pili yapmış ve elektriğin tuzları nasıl ayırdığını görmüştü. Alkali metaller ile alkalin topraklar pilin negatif kutbuna; oksijen, asitler ve oksitlenmiş maddeler pozitif kutbuna göç etti. Tuzlu bileşiklerin pozitif yüklü bazik bir oksit ile negatif yüklü asidik bir oksiti birleştirdiği sonucuna vardı.

> Bir kanaatin alışkanlığı çoğu kez doğruluğuna tamamen inanmamıza yol açar, karşı kanıtları kabul edemememize neden olur.
> **Jöns Jakob Berzelius**

Berzelius düalist teorisini geliştirip, bileşiklerin, bileşen parçalar arasında karşıt elektrik yükünün çekimiyle birbirine bağlandığını öne sürdü. Bu teori, daha sonra yanlış olduğu gösterilmesine rağmen, kimyasal bağlara ilişkin araştırmaları tetikledi. 1916'da elektriksel bağlanmanın "iyonik" bağlanma olarak gerçekleştiği; yani atomların elektron kazanarak ya da kaybederek birbirini karşılıklı olarak çeken yüklü atomlar ya da iyonlar haline geldikleri anlaşıldı. Aslında bu, bir bileşikte atomların bağlanma yollarından yalnızca biriydi – biri de, elektronların atomlar arasıda paylaşıldığı "kovalent" bağdır. ■

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Alessandro Volta 90–95 ▪ Joseph Proust 105 ▪ Humphry Davy 114 ▪ August Kekulé 160–65 ▪ Linus Pauling 254–59



ELEKTRİK ETKİSİ İLETKEN TELLE SINIRLI DEĞİLDİR

HANS CHRISTIAN ØRSTED (1777–1851)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1600 William Gilbert elektrik ve manyetizma konusunda ilk bilimsel deneyleri gerçekleştirir.

1800 Alessandro Volta ilk elektrik pilini yaratır.

SONRA
1820 André-Marie Ampère matematiksel bir elektromanyetizma teorisi geliştirir.

1821 Michael Faraday ilk elektrik motorunu yaratarak elektromanyetik dönmeyi pratik olarak gösterir.

1831 Faraday ve ABD'li bilim insanı Joseph Henry birbirinden bağımsız olarak elektromanyetik indüksiyonu keşfeder.

1864 James Clerk Maxwell elektromanyetik dalgaları –ışık dalgaları da dahil– tarif etmek için bir denklem kümesi formüle eder.

Bütün kuvvetlerin ve maddenin temelinde yatan birliği keşfetme arayışı, bilimin kendisi kadar eskidir; ama ilk büyük atılım 1820'de, Danimarkalı filozof Hans Christian Ørsted manyetizma ile elektrik arasında bir bağlantı bulunca geldi. Bu bağlantıyı onun aklına, 1801'de tanıştığı Alman kimyacı ve fizikçi Johann Wilhelm Ritter getirmişti. Doğada birlik olduğunu söyleyen filozof Immanuel Kant'ın düşüncesinden de etkilenen Ørsted, bu olasılığı ciddiyetle araştırmaya koyuldu.

> Öyle anlaşılıyor ki, elektrik etkisi iletken telle sınırlı değildir; telin etrafında oldukça geniş bir etki alanı vardır.
> **Hans Christian Ørsted**

Tesadüfen keşif

Kopenhag Üniversitesinde ders veren Ørsted, bir Volta pilindeki (Alessandro Volta'nın 1800'de icat ettiği batarya) elektrik akımının bir teli ısıtıp akkor hale getirebildiğini öğrecilerine göstermek istedi. Telin yakınında duran bir pusula ibresinin, elektrik akımının açıldığı her seferinde hareket ettiğini fark etti. Bu, elektrik ile manyetizma arasındaki bağlantının ilk kanıtıydı. Daha sonra yaptığı çalışmalar onu, elektrik akımının telin içinden akarken etrafında dairesel bir manyetik alan yarattığına inandırdı.

Ørsted'in keşfi, Avrupa'nın her tarafında bilim insanlarını elektromanyetizmayı araştırmaya teşvik etti. O yılın sonuna doğru Fransız fizikçi André-Marie Ampère bu yeni bulgu için matematiksel bir teori formüle etti ve 1821'de Michael Faraday, elektromanyetik kuvvetin elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirebildiğini gösterdi. ■

Ayrıca bkz. William Gilbert 44 ▪ Alessandro Volta 90–95 ▪ Michael Faraday 121 ▪ James Clerk Maxwell 180–85



EFENDİM, GÜN GELİR BUNU VERGİLENDİRİRSİNİZ
MICHAEL FARADAY (1791–1867)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1800 Alessandro Volta ilk elektrik bataryasını icat eder.

1820 Hans Christian Ørsted elektriğin manyetik bir alan ürettiğini keşfeder.

1820 André-Marie Ampère matematiksel bir alektromanyetizm teorisi formüle eder.

SONRA
1830 Joseph Henry ilk güçlü elektromıknatısı yaratır.

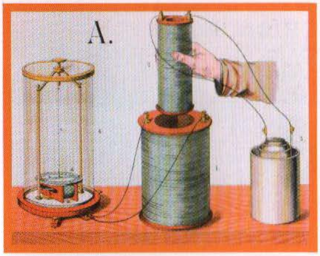
1845 Faraday ışık ile elektromanyetizma arasındaki bağlantıyı gösterir.

1878 Sigmund Schuckert'in tasarladığı ilk buharlı elektrik santrali, Almanya'da Bavyera'daki Linderhof Sarayı için elektrik üretir.

1882 ABD'li mucit Thomas Edison, New York City'de, Manhattan'da elektrikle aydınlatma için bir elektrik santrali kurar.

İngiliz bilim insanı Michael Faraday'ın hem elektrik motorunun hem elektrik jeneratörünün ilkelerini keşfetmesi, modern dünyayı dönüştüren ve elektrik ampülünden telekomünikasyon araçlarına kadar her şeyi getiren elektrik devriminin yolunu açtı. Faraday'ın kendisi de yaptığı keşiflerin değerinin – devlete sağlayabileceği vergi gelirinin– farkındaydı.

1821'de Faraday, Hans Christian Ørsted'in elektrik ile manyetizma arasındaki bağlantıyı keşfinden haberdar olduktan birkaç ay sonra, bir mıknatısın bir elektrik telinin etrafında ve bir elektrik telinin de bir mıknatısın etrafında nasıl dolaştığını gösterdi. Elektrik teli kenti etrafında dairesel bir manyetik alan üretir; bu manyetik alan da, mıknatıs üzerinde bir teğetsel kuvvet yaratıp dairesel bir hareket üretir. Elektrik motorunun arkasındaki ilke budur. Akımın yönü ve dolayısıyla teldeki manyetik alanın yönü almaşıklaştırılarak bir dönme hareketi başlatılır.



Faraday'ın elektromanyetik indüksiyonu gösteren aygıtında bir elektrik akımı, büyük bobinin içine girip çıkan küçük manyetik bobinden akarak bir elektrik akımını indükler.

Elektrik üretmek

On yıl sonra Faraday daha da önemli bir keşif yaptı –devinen bir manyetik alanın bir elektrik akımı yaratabildiğini ya da "indükleyebildiğini." Bu keşif – ABD'li fizikçi Joseph Henry'inin de aşağı yukarı aynı zamanda Faraday'dan bağımsız yaptığı– her türlü elektrik üretmenin temelidir. Elektromanyetik indüksiyon, dönen bir türbindeki kinetik enerjiyi elektrik akımına çevirir. ■

Ayrıca bkz. Alessandro Volta 90–95 ▪ Hans Christian Ørsted 120 ▪ James Clerk Maxwell 180–85



ISI EVRENDEKİ HER MADDEYE NÜFUZ EDER

JOSEPH FOURIER (1777–1831)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNE
1761 Joseph Black, maddelerin sıcaklıklarını belli bir miktar arttırmak için aldıkları gizil ısıyı –sıcaklık değişmeden buzun erimek ve suyun kaynamak için aldığı ısı– keşfeder.

1783 Antoine Lavoisier ve Pierre-Simon Laplace gizil ısı ile özgül ısıyı ölçer.

SONRA
1824 Isı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren ısı makinesine ilişkin ilk teoriyi geliştiren Nicolas Sadi Carnot, termodinamik teorinin temellerini atar.

1834 Émile Clapeyron enerjinin her zaman daha fazla yayıldığını gösterir ve termodinamiğin ikinci yasasını formüle eder.

Isı evrendeki her maddeye nüfuz eder.

↓

Daha sıcak yerler ile daha soğuk yerler arasında bir **sıcaklık düşümü** vardır.

↓

Isı **sıcaklık düşümü üzerinden** dalga-benzeri bir hareketle aktarılır.

↓

Bu hareketi matematiksel olarak ifade etmek için **bir sinüs ve kosinüs fonksiyonları serisi** kullanılabilir.

Bugün fiziğin en temel yasalarından biri şudur: Enerji ne yaratılır ne yok edilir; yalnızca bir biçimden diğerine dönüşür ya da bir yerden başka bir yere taşınır. Fransız matematikçi Joseph Fourier ısı araştırmalarında ve ısının sıcak yerlerden soğuk yerlere nasıl hareket ettiğini konusunda bir öncüydü.

Fourier hem ısının katılarda iletkenlik yoluyla nasıl yayıldığıyla, hem şeylerin nasıl ısı kaybederek soğuduğuyla ilgilendi. Memleketlisi Jean-Baptiste Biot ısının yayılmasını, ısının sıcak yerlerden soğuk yerlere atlayarak yayıldığı "bir uzaktan etki" olarak düşünmüştü. Biot bir katıdaki ısı akışını bir dizi dilim şeklinde ifadelendirdi; bu temsil şekli, ısının bir dilimden diğerine atlayışını gösteren geleneksel denklemlerle incelenmesine olanak vermekteydi.

Sıcaklık eğimleri

Fourier ısı akışına tamamen farklı bir açıdan baktı. Sıcaklık eğimlerine –sıcak yerler ile soğuk yerler arasında kesintisiz derecelenmeler– odaklandı. Bunlar geleneksel denklemlerle niceliklestirilemezdi; bu nedenle

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Joseph Black 76–77 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ Charles Keeling 294–95

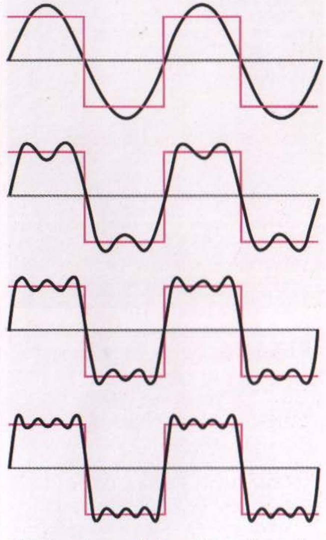
> Matematik çok değişik olguları karşılaştırır ve onları birleştiren gizli benzerlikleri keşfeder.
> **Joseph Fourier**

yeni matematiksel teknikler geliştirdi.

Fourier dalga düşüncesine ve dalgaları matematiksel olarak ifadelendirmenin bir yolunu bulmaya odaklandı. Şunu gördü: Dalga-benzeri her harekete – sıcaklık düşümü de dalga-benzeri bir harekettir– ifadelendirilecek dalganın şekli nasıl olursa olsun, basit dalgalar birbirine eklenerek yaklaşılabilir. Birbirine eklenecek basit dalgalar trigonometriden türetilen sinüsler ve kosinüslerdir; matematiksel olarak bir seri şeklinde yazılabilir. Bu bireysel dalgaların her biri, eş biçimli olarak bir dalga tepesinden bir dalga çukuruna hareket eder. Giderek daha fazla basit dalgayı birbirine eklemek, başka herhangi bir dalga tipine yaklaşabilen ve giderek artan bir karmaşıklık üretir. Bu sonsuz serilere bugün Fourier serileri denilmektedir.

Fourier düşüncesini 1807'de yayımladı; ama eleştirildi ve çalışmaları 1822'ye kadar kabul görmedi. Isı araştırmalarına devam eden Fourier 1824'te, Yer'in Güneş'ten aldığı ısı ile uzaya verdiği ısı arasındaki farkı inceledi. Güneşten bu kadar uzak olmasına rağmen Yer'in hoş bir biçimde sıcak olmasının nedenini anladı: Çünkü atmosferdeki gazlar, ısıyı tutar ve tekrar uzaya yayılmasını durdurur – şimdi sera etkisi denilen olgu.

Bugün yalnızca ısı aktarımı için değil, akustikten, elektrik mühendisliğinden ve optikten kuantum mekaniğine kadar uzanan birçok bilimsel problem için Fourier'in analizine başvurulur. ▪



Bir Fourier serisi, şekli ne olursa olsun –kare şeklinde bile olsa (burada pembe)– her dalgaya yaklaşabilir. Seriye daha fazla sinüsel dalga eklemek, karesel dalganın giderek daha yakın bir yaklaşığını verir. Serideki ilk dört yaklaşımın (burada siyah) her biri fazladan bir sinüsel dalga oluşturur.

Joseph Fourier



Bir terzinin oğlu olan Joseph Fourier Fransa'da, Auxerre'de doğdu. 10 yaşında yetim kalınca yerel bir manastıra alındı; daha sonra gittiği bir askeri okulda matematik yeteneğiyle kendini gösterdi. Fransa devrimin sancılarını yaşıyordu ve 1794 Teröründe, devrimci arkadaşlarıyla arası açılınca kısa bir süre hapis yattı.

Devrim'den sonra Fourier, 1798'de Mısır seferinde Napoleon'a eşlik etti. Mısır valisi yapıldı ve eski Mısır kalıntılarını incelemekle görevlendirildi. 1801'de Fransa'ya dönen Fourier, Alpler'de Isère valisi yapıldı. Yol inşaatlarını ve drenaj çalışmalarını denetleme idari görevleri arasında, eski Mısır'la ilgili çığır açıcı bir inceleme yayımladı ve ısı araştırmalarına başladı. 1831'de bir merdivene ayağı takılıp düştükten sonra öldü.

Önemli eserleri

1807 *On the Propagation of Heat in Solid Bodies*
1822 *The Analytic Theory of Heat*



ORGANİK OLMAYAN MADDELERDEN ORGANİK MADDELER ÜRETMEK

FRIEDRICH WÖHLER (1800–1882)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1770'ler Antoine Lavoisier ve diğerleri, suyun ve tuzun ısıtıldıktan sonra önceki hallerine geri dönebildiklerini, ama şekerin ya da odunun dönmediğini gösterir.

1807 Jöns Jakob Berzelius, organik kimyasallar ile organik olmayan kimyasallar arasında temel bir farklı ortaya koyar.

SONRA
1852 İngiliz kimyacı Edward Franklin valans düşüncesini, yani atomların diğer atomlarla birleşme yeteneğini ortaya koyar.

1858 İngiliz kimyacı Archibald Couper atomlar arasındaki bağlar düşüncesini ortaya koyup, valansın nasıl çalıştığını açıklar.

1858 Couper ve August Kekulé organik kimyasalların, diğer atomların yan kollarına bağlı karbon atomlarının oluşturduğu zincirlerle oluştuğunu öne sürer.

1807'de İsveçli kimyacı Jöns Jakob Berzelius, canlılardaki kimyasallar ile diğer kimyasallar arasında temel bir fark bulunduğunu gösterdi. Berzelius'a göre bu benzersiz "organik" kimyasallar yalnızca canlılar tarafından bir araya getirilebilirdi ve bir kez bozulduktan sonra, yapay olarak yeniden meydana getirilemezlerdi. Düşünceleri, yaşamın özel olduğunu ve canlılara kimyacıların anlayamayacağı bir "yaşam gücü" bahşedildiğini savunan ve "vitalizm" olarak bilinen egemen teoriye uygundu. Bu nedenle, Friedrich Wöhler adlı Alman bir kimyacının, organik kimyasalların hiç de benzersiz olmadıklarını, bütün kimyasallarla aynı temel kurallara göre davrandıklarını göstermesi sürpriz oldu.

Organik kimyasalların karbon bazlı bir yığın molekülden oluştuğunu artık biliyoruz. Karbon-bazlı moleküller gerçekten de yaşamın temel bileşenleridir; ama birçoğu, organik olmayan kimyasallardan sentezlenebilir – Wöhler'in keşfettiği gibi.



Kimyasal gübrelerde yaygın kullanılan üre, bitkilerin büyümesinde çok önemli olan nitrojen bakımından zengindir. İlk kez Wöhler'in yaptığı sentetik üre, şimdi kimya sanayinin temel hammaddelerinden biridir.

Kimya çekişmeleri

Wöhler'in atılımı, bilimsel bir çekişmeden ötürü gerçekleşti. 1820'lerin başında Wöhler ve kimyacı arkadaşı Justus von Liebig, çok farklı gibi görünen iki maddenin –patlayıcı olan gümüş fulminat ve patlayıcı olmayan gümüş siyanat– özdeş kimyasal analizini ortaya koydu. Her biri diğerinin yanlış sonuçlara vardığını sandı; ama yazıştıktan sonra, ikisinin de haklı olduğu anlaşıldı. Bu grup bileşikler kimyacıların şunu anlamalarına yol açtı: Maddeler yalnızca moleküldeki

Ayrıca bkz. Antoine Lavoisier 84 ▪ John Dalton 112–13 ▪
Jöns Jakob Berzelius 119 ▪ Leo Baekeland 140–41 ▪ August Kekulé 160–65

Bazı kimyacılara göre, canlılarda bulunan **organik kimyasallar** benzersizdir ve **yalnızca canlılar tarafından meydana getirilebilir.**

→

Ama laboratuvarda sıradan iki kimyasalı birbirine karıştırarak **üre** –idrardaki organik kimyasal– **üretebiliriz.**

↓

Organik olmayan maddelerden organik maddeler meydana getirebiliriz.

←

Organik yapılar benzersiz değildir.

atom sayılarına ve türüne göre değil, atomların düzenlenişine göre de tanımlanır. Aynı formüller, farklı özelliklere sahip farklı yapılara uygulanabilir – bu farklı yapılara, Berzelius daha sonra izomerler adını verdi.

Wöhler ile Liebig, daha sonra parlak bir ortaklık kurdu; ama 1828'de Wöhler organik kimyasallarla ilgili hakikate tek başına tosladı.

Wöhler sentezi

Wöhler amonyum siyanat elde etme beklentisiyle, gümüş siyanat ve amonyum klorürü karıştırıyordu. Ama amonyum siyanattan farklı özelliklere sahip beyaz bir madde elde etti. Kurşun siyanat ile amonyum hidroksiti karıştırınca da aynı toz ortaya çıktı. Analiz, beyaz tozun üre –idrarın temel bileşenlerinden biri ve amonyum siyanatla aynı kimyasal formüle sahip olan organik bir madde– olduğunu gösterdi. Berzelius'un teorisine göre bu, yalnızca canlılar tarafından meydana getirilebilirdi – ama Wöhler, organik olmayan kimyasallardan sentezlemişti. Wöhler, Berzelius'a ürenin aslında amonyum siyanatın bir izomeri olduğunu açıklayarak, "böbrek kullanmadan üre yapabildiğimi size anlatmalıyım" diye yazdı.

Wöhler'in keşfinin öneminin anlaşılması yılları aldı. Yine de, bütün canlıların kimyasal süreçlere nasıl bağlı olduğunu açığa çıkarmanın yanı sıra, değerli organik kimyasalların ticari ölçekte sentezini de olanaklı kılan modern organik kimyanın gelişmesinin yolunu gösterdi. 1907'de bu tür kimyasallardan Bakalit denilen sentetik bir polimer üretildi ve modern dünyayı şekillendiren "Plastik Çağı" başladı. ▪



Friedrich Wöhler

Almanya'da Frankfurt'a yakın Eschersheim'de doğan Friedrich Wöhler, Heidelberg Üniversitesinde doğum doktorluğu eğitimi aldı. Ama kimyaya tutkusu vardı ve 1823'te, Stockholm'de Jöns Jakob Berzelius'tan ders almaya gitti. Almanya'ya dönünce, kimya alanında dikkate değer ve değişik bir mesleki yaşama başladı.

Organik bir maddenin ilk yapay sentezi dışında, Wöhler'in keşifleri –çoğu kez Justis von Liebig'le birlikte yaptığı– arasında alüminyum, berilyum, itriyum, titanyum ve silikon da vardı. "Radikaller" –başka maddeleri oluşturan temel moleküler gruplar– düşüncesinin gelişmesine de yardımcı oldu. Bu teori, daha sonra çürütülmesine rağmen, bugün moleküllerin nasıl bir araya geldiğinin anlaşılmasının yolunu açtı. Sonraki yıllarda Wöhler göktaşlarının kimyası konusunda otorite haline geldi ve bir nikel saflaştırma fabrikasının kurulmasına yardım etti.

Önemli eserleri

1830 *Summary of Inorganic Chemistry*
1840 *Summary of Organic Chemistry*



RÜZGÂRLAR ASLA DÜZ BİR ÇİZGİ HALİNDE ESMEZ

G.-G. DE CORIOLIS (1792–1843)

KISACA

BİLİM DALI
Meteoroloji

ÖNCE
1684 Isaac Newton merkezkaç kuvvet düşüncesini sunar ve kavisli bir yolda her devinimin etkide bulunan bir kuvvetin sonucu olması gerektiğini ifade eder.

1735 George Hadley, Yer'in dönüşü hava akımlarını saptırdığı için ticaret rüzgârlarının ekvatora doğru estiğini oraya koyar.

SONRA
1851 Léon Foucault, Yer'in dönüşünün bir sarkacın sallanışını nasıl saptırdığını gösterir.

1856 ABD'li meteorolog William Ferrel, rüzgârların izobarlara – eşit atmosfer basıncı noktalarını birleştiren çizgiler– paralel estiğini gösterir.

1857 Felemenkli meteorolog Christophorus Buys Ballot, rüzgâr arkanızda esiyorsa alçak basınç alanı sol tarafınızdadır diyen bir kuralı formüle eder.

Hava ve okyanus akıntıları düz çizgi halinde akmaz. Akıntılar hareket ederken, kuzey yarımkürede sağa, güney yarımkürede sola saparlar. 1830'larda Fransız bilim insanı Gaspard-Gustave de Coriolis, bugün Coriolis kuvveti olarak bilinen bu etkinin arkasındaki ilkeyi keşfetti.

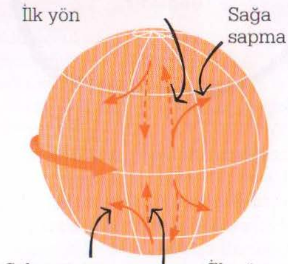
Dönmeyle sapma

Coriolis düşüncelerine dönen su dolaplarını inceleyerek ulaştı; ama daha sonra meteorologlar bu düşüncelerin, rüzgâr ve okyanus akıntılarının hareket tarzı için de geçerli olduğunu anladılar.

Coriolis, bir nesne dönen bir yüzey üzerinde ilerlerken, momentumunun onu kavisli bir yola sokuyormuş gibi göründüğünü gösterdi. Dönen bir atlıkarıncanın ortasından dışarıya atılan bir topu kafanızda canlandırın. Top kavis çizer gibi görünür – atlıkarıncanın dışından bakan birine göre fiilen düz bir çizgide hareket ediyor olsa bile.

Dönen Yer üzerindeki rüzgârlar aynı şekilde sapar. Coriolis kuvveti olmasaydı, rüzgârlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına düz eserdi. Rüzgâr yönü, aslında, alçak basınç çekimi ile Coriolis sapması arasında bir dengedir. Rüzgârların kuzey yarımkürede saatin tersi yönünde, güney yarımkürede saat yönünde dönmesinin nedeni büyük ölçüde budur. Aynı şekilde okyanus yüzey akıntıları da kuzey yarımkürede saat yönünde, güneyde saatin tersi yönünde dev döngüler ya da girdaplar şeklinde dolaşır. ■

Yer'in dönüşü rüzgârların kuzey yarımkürede sağa, güney yarımkürede sola sapmalarına neden olur.



Ayrıca bkz. George Hadley 80 ▪ Robert FitzRoy 150–55

ÇİFT YILDIZLARIN RENKLİ IŞIĞI ÜZERİNE

CHRISTIAN DOPPLER (1803–1853)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1677 Ole Rømer, Jüpiter'in uydularını inceleyerek ışığın hızını hesaplar.

SONRA
1840'lar Felemenkli meteorolog Christophorus Buys Ballot, Doppler etkisini ses dalgalarına, Fransız fizikçi Hippolyte Fizeau elektromanyetik dalgalara uygular.

1868 Britanyalı astronom William Huggins bir yıldızın hız yöneyini bulmak için kızıla kaymayı kullanır.

1929 Edwin Hubble galaksilerin kızıla kaymasını Yer'den uzaklıklarına bağlar ve Evren'in genişlediğini gösterir.

1988 Güneş sistemi dışındaki ilk gezegen, etrafında döndüğü yıldızdan gelen ışığın Doppler etkisi kullanılarak saptanır – gezegenin kütleçekimi dönüşünü bozduğu için yıldız "yalpalıyor" gibi görünür.

Işığın rengi frekansına, yani saniyedeki dalga sayısına bağlıdır. Bize doğru gelen bir şey dalga yayıyorsa, ikinci dalga birinci dalgadan daha kısa bir yol alır; dolayısıyla, kaynak durağan olsaydı olacak olandan daha kısa sürede bize ulaşır. Bu yüzden kaynak ile alıcı birbirine yaklaşırsa dalga frekansı artar, uzaklaşırsa azalır. Bu etki, ses de dahil olmak üzere bütün dalga tipleri için geçerlidir ve bir ambulans geçerken değişen siren perdesinden sorumludur.

Pek çok yıldız çıplak göze beyaz görünür ama teleskopla bakılınca birçoğu kırmızı, sarı ya da mavi görülebilir. 1842'de Christian Doppler adlı Avusturyalı bir fizikçi, bazı yıldızların kızıl renginin Yer'den uzaklaşmalarından kaynaklandığını ortaya koydu; Yer'den uzaklaşma o yıldızların ışığını daha uzun dalga boylarına kaydırıyordu. Görünür ışığın en uzun dalga boyu kızıl olduğu için, bu durum kızıla kayma olarak anıldı (s. 241'de gösterildiği gibi).

Şimdi yıldızların renginin esas olarak sıcaklıklarından kaynaklandığı biliniyor (yıldız ne kadar sıcaksa o kadar mavi görünür); ama bazı yıldızların hareketi, Doppler etkisiyle saptanabilir. Çift yıldızlar birbirinin etrafında dönen iki yıldızdır. Dönüşleri, yaydıkları ışıkta almaşık bir kızıla kaymaya ve maviye kaymaya neden olur. ■

> Gökyüzü olağanüstü bir görüntü sunuyordu; tam arkamda bütün yıldızlar koyu kızıl renkteyken, tam önümdekiler mordu. Arkamda yakutlar, önümde mor taşlar uzanıyordu.
>
> **Olaf Stapledon**
> ***Star Maker* romanından (1937)**

Ayrıca bkz. Ole Rømer 58–59 ▪ Edwin Hubble 236–41 ▪ Geoffrey Marcy 327



BUZUL, TANRI'NIN BÜYÜK PULLUĞUYDU

LOUIS AGASSIZ (1807–1873)

KISACA

BİLİM DALI
Yer bilimi

ÖNCE
1824 Norveçli Jens Esmark, fiyortların, morenlerin ve sapkın taşların yaratılmasından buzulların sorumlu olduğunu öne sürer.

1830 Charles Lyell doğa yasalarının her zaman aynı olduğunu, bu yüzden geçmişin ipuçlarının şimdiki zamanda bulunduğunu savunur.

1835 İsviçreli jeolog Jean de Charpentier, Cenevre Gölü yakınlarındaki sapkın taşların bir "Alp buzullaşması"nda Mont Blanc bölgesinden taşındığını savunur.

SONRA
1875 İskoç bilim insanı James Croll, Yer'in yörüngesinde değişikliklerin buz çağına neden olan sıcaklık değişikliklerini açıklayabildiğini savunur.

1938 Sırp fizikçi Milutin Milankovic iklim değişikliklerini Yer'in yörüngesinde periyodik değişikliklere bağlar.

Geri çekilen buzullar arkalarında arazide **tikel yüzey şekilleri** bırakır.

↓

Bu yüzey şekillerine, artık buzul bulunmayan yerlerde rastlanır.

↓

Geçmişte bir zaman bu yerlerde **buzul** olmalı.

Buzullar bir araziden geçerken arkalarında imzalarını bırakır. Buzullar kayaçları ovalayıp düzleştirir ya da yuvarlaklaştırır; kayaların üzerinde, buzun hareket yönünü gösteren striyasyonlar (çizikler) bırakır. Arkalarında sapkın taşlar –buzun uzak mesafelerden taşıyıp getirdiği büyük kayalar– da bırakır. Sapkın taşların bileşimi, üzerinde bulundukları kayaçlardan genellikle farklı olduğu için saptanabilirler. Birçok sapkın kaya ırmaklar tarafından hareket ettirilemeyecek kadar büyüktür (ırmaklar, kayaları bir arazide taşımanın bilinen yoludur). Bu nedenle, etrafındaki kayalardan farklı türden bir kaya, oradan daha önce bir buzul geçtiğinin bariz işaretidir. Bir işaret de, vadilerde morenlerin varlığıdır. Bunlar, buzul büyürken kenara itilen büyük taş yığınlarıdır.

Kayaçların sırrı

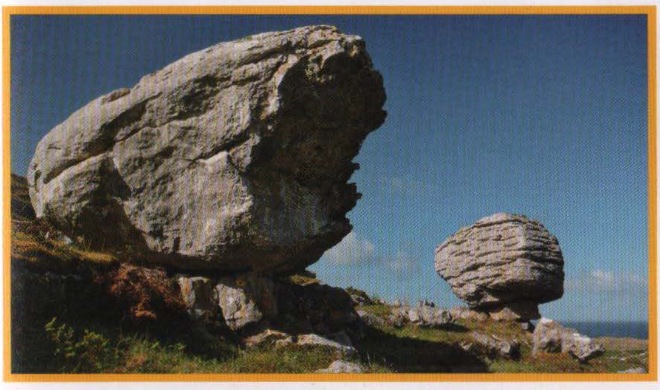
19. yüzyılda jeologlar striyasyon, sapkın taş ve moren gibi arazi özeliklerini buzulların kanıtı kabul ederdi. Ama bu tür özelliklerin yeryüzünde buzulların bulunmadığı alanlarda bulunmasının nedenini

Ayrıca bkz. WIlliam Smith 115 ▪ Alfred Wegener 222–23

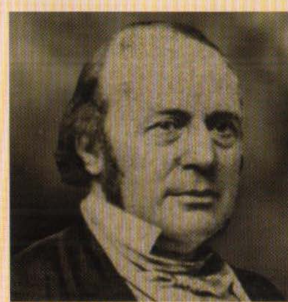
açıklayamıyorlardı. Bir teoriye göre kayaları tekrarlayan taşkınlar hareket ettirdi. Taşkınlar, Avrupa anakarasının büyük bölümünün üzerini örten "büyük taş sürüklenmesi"ni (sapkın taşları içine alan kum, kil ve çakıl) açıklayabilirdi. Son taşkın geri çekilince, malzeme birikmiş olabilirdi. En büyük sapkın taşlar, eriyince kayaları çökelten aysberglere yakalanmış olabilirdi. Ama bu teori bütün özellikleri açıklayamıyordu.

Açığa çıkan buz çağı

1830'larda İsviçreli jeolog Louis Agassiz tatillerini Avrupa Alpler'inde geçirip, buzulları ve buzul vadilerini inceledi. Yer'in bir zamanlar şimdi olduğundan çok daha fazla buzla kaplı olması durumunda, yalnızca Alpler'deki değil her yerdeki buzul kaynaklı coğrafi özelliklerin açıklanabileceğini anladı. Bugünün buzulları, bir zamanlar Yer'in büyük bölümünü kaplayan buz örtüsünün kalıntıları olmalıydı. Ama Aggasiz teorisini yayımlamadan önce, başkalarını inandırmak istedi. Alpler'de Eski Kırmızı Kumtaşında fosil balık kazıları yapan ünlü İngiliz jeolog William Buckland'la tanıştı. Agassiz buz çağı teorisinin kanıtlarının gösterince, Buckland ikna oldu ve 1840'ta ikisi İskoçya'yı gezip buzullaşma kanıtları aradı. Geziden sonra Agassiz düşüncelerini Londra Jeoloji Derneği'ne sundu. Buckland ve Charles Lyell'i –o günün önde gelen iki jeologu– ikna etmiş olmasına rağmen, derneğin diğer üyeleri umursamadı. Neredeyse küresel ölçekte bir buzullaşma, küresel bir taşkından daha olası görünmedi. Bununla birlikte, buz çağları düşüncesi giderek kabul görmeye başladı ve bugün jeolojinin birçok farklı alanından, Yer yüzeyinin büyük bölümünün geçmişte birçok kez buzla örtülü olduğuna ilişkin kanıtlar vardır. ■



Agassiz, İrlanda'nın Caher Vadisi'nde bulunanlara benzer büyük sapkın taşların, eski buzullar tarafından bırakıdığını öne süren ilk kişiydi.



Louis Agassiz

1807'de küçük bir İsviçre köyünde doğan Louis Agassiz hekim olmak için okula gitti, ama Neuchatel Üniversitesinde doğa tarihi profesörü oldu. Fransız doğa bilimci Georges Cuvier yönetiminde gerçekleştirdiği ilk bilimsel çalışması, Brezilya'nın tatlı su balıklarını sınıflandırmakla ilgiliydi ve sonrasında Agassiz fosil balıklarla ilgili kapsamlı çalışmalara başladı. 1830'ların sonunda buzullarla ve zoolojik sınıflandırmayla da ilgilendi. 1847'de ABD'de Harvard Üniversitesinde görev aldı.

Agassiz, Darwin'in evrim teorisini hiçbir zaman kabul etmedi; türlerin "Tanrı'nın kafasındaki düşünceler" olduğuna ve türlerin, yaşadıkları bölgeler için yaratıldıklarına inanıyordu. "Poligenizmi" –farklı insan ırklarının ortak bir atayı paylaşmadıklarını, Tanrı tarafından ayrı yaratıldıklarını öne süren inanç– savundu. Son yıllarda ırkçı düşünceleri açıkça savunması ününü lekeledi.

Önemli eserleri

1840 *Study on Glaciers*
1842–46 *Nomenclator Zoologicus*

DOĞA TEK BİR BÜTÜN OLARAK TEMSİL EDİLİR

ALEXANDER VON HUMBOLDT (1769–1859)



KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
MÖ 5.-4. yüzyıl Eski Yunan yazarlar bitkiler, hayvanlar ve çevreleri arasındaki iç ilişkiler ağını gözlemler.

SONRA
1866 Ernst Haeckel, "ekoloji" sözcüğünü icat eder.

1895 Eugenius Warming, ekoloji üzerine ilk üniversite ders kitabını yayımlar.

1935 Alfred Tansley "ekosistem" sözcüğünü icat eder.

1962 Rachel Carson *Silent Spring*'de haşere ilaçlarının tehlikeleri uyarısında bulunur.

1969 Dünya Dostları ve Greenpeace kurulur.

1972 James Lovelock'un Gaia hipotezi Yer'i tek bir organizma olarak sunar.

Canlı dünya ile cansız dünya arasındaki iç ilişkilerin incelenmesi, yani ekoloji olarak bilinen çalışmalar, ancak son 150 yılda titiz ve yöntemli bir bilimsel araştırma konusu oldu. "Ekoloji" terimi 1866'da Alman evrim biyologu Ernst Haeckel tarafından icat edildi ve Yunanca ev ya da mesken anlamına gelen *oikos* sözcüğü ile inceleme ya da söylem anlamına gelen *logos* sözcüğünden türer. Ama modern ekolojik düşüncenin öncüsü olarak, Alman bilgin Alexander von Humboldt kabul edilir.

Kapsamlı keşif gezileriyle ve yazılarıyla Humboldt yeni bir bilim yaklaşımı geliştirdi. Bütün fiziksel bilimleri birbiriyle ilişkilendirerek ve en son bilimsel donanımı, ayrıntılı gözlemleri ve eşi görülmemiş ölçekte titiz veri analizleri kullanarak doğayı birleşik bir bütün şeklinde anlamaya çalıştı.

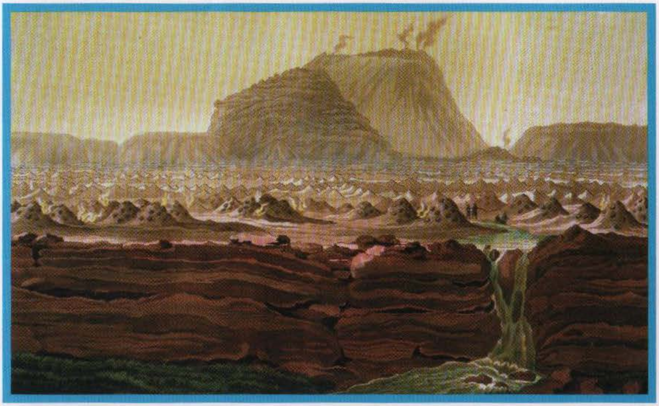
Timsahın dişleri

Humboldt'un holistik yaklaşımı yeni olmasına rağmen, ekoloji kavramı, MÖ 5. yüzyılda Herodotos gibi eski Yunan yazarların ilk doğa tarihi araştırmalarından gelişti.

> Bana yön veren temel dürtü, fiziksel nesne olgularını genel bağlantıları içinde kavrama ve doğayı, iç kuvvetler tarafından hareket ettirilen ve canlandırılan tek bir bütün olarak temsil etme çabasıydı.
> **Alexander von Humboldt**

Mutualizm olarak bilinen karşılıklı bağımlılığa ilişkin ilk anlatımların birinde Herodotos, Mısır'da Nil kıyısında ağızlarını açıp kuşların dişlerini temizlemesine izin veren timsahları tarif eder.

Bir yüzyıl sonra, Yunan filozof Aristoteles ve öğrencisi Theophrastus'un türlerin göçü, dağılımı ve davranışı üzerine gözlemleri, ekolojik niş –doğada bir türün yaşam tarzını şekillendiren ve o yaşam tarzı tarafından şekillendirilen tikel yer– kavramının erken bir versiyonunu verdi. Theophrastus bitkiler üzerine kapsamlı araştırmalar yapıp yazılar yazdı; bitkilerin yetişmesi ve dağılımı bakımından iklimin ve toprağın önemini fark etti. Onların düşünceleri sonraki 2000 yıl boyunca doğa felsefesini etkiledi.



Humboldt'un ekibi Meksika'nın Jorullo volkanına ilk göründüğünden 44 yıl sonra, 1803'te tırmandı. Humboldt farklı bitkilerin yaşadığı yerleri inceleyerek jeolojiyi meteorolojiyle ve biyolojiyle ilişkilendirdi.

Ayrıca bkz. Jean-Baptiste Lamarck 118 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ James Lovelock 315

Doğanın birleştirici kuvvetleri

Humboldt'un doğa yaklaşımı, geç 18. yüzyılda, bir bütün olarak dünyayı anlamada duyuların, gözlemin ve deneyimin değerini vurgulayarak rasyonalizme tepki gösteren Romantik geleneği izledi. Çağdaşı şairler Johann Wolfgang von Goethe ve Friedrich Schiller gibi Humboldt da, doğanın –doğa felsefesinin ve insan bilimlerinin– birliği (Almancada *Gestalt*) düşüncesini destekledi. Araştırmaları anatomi ve astronomiden mineralojiye ve botaniğe, ticarete ve dilbilime kadar uzandı ve doğal dünyayı Avrupa sınırlarının ötesinde araştırması için gerekli bilgi derinliğiyle donandı.

Humboldt'un dediği gibi, "Egzotik bitkilerin, bir herbaryumdaki kuru türlerin bile, görüntüsü imgelemimi ateşledi ve güney ülkelerindeki tropikal bitki örtüsünü kendi gözlerimle görmeye can attım." Fransız botanikçi Aimé Bonpland'la birlikte Latin Amerika'da yaptığı beş yıllık araştırmalar, en önemli keşif gezisiydi. Haziran 1799'da yola çıkarken şunu ilan etti: "Bitki ve fosil toplayacağım, en iyi aletlerle astronomi gözlemleri yapacağım. Yine de yolculuğumun ana amacı bu değildir. Doğa güçlerinin nasıl davrandığını, coğrafi çevrenin hayvanları ve bitkileri ne şekilde etkilediğini keşfetmeye çalışacağım. Kısaca, doğadaki uyumu ortaya çıkarmalıyım." Tam da bunu yaptı.

Humboldt diğer birçok projenin yanı sıra, okyanus suyu sıcaklığını ölçtü ve küresel çevreyi, özellikle iklimi nitelendirmenin ve haritalandırmanın, ardından çeşitli ülkelerdeki iklimsel koşulları karşılaştırmanın bir aracı olarak, eşdeğer çizgileri ya da izotermal çizgileri kullanıp eşit sıcaklık noktalarını birleştirmeyi önerdi.

Humboldt fiziksel koşulların – iklim, yükseklik, enlem ve toprak gibi– yaşam dağılımını nasıl etkilediğini inceleyen ilk bilim insanlarından biriydi de. Bonpland'ın yardımıyla, And Dağlarında yüksek rakımlar ile deniz seviyesi arasında flora ve fauna değişikliklerinin haritasını çıkardı. 1805'te, Amerika'dan döndükten sonraki yıl, bu alanın coğrafyası üzerine şimdi ünlenen çalışmasını yayımladı; burada doğanın iç bağlantılarını özetliyor ve yüksekliğe bağlı bitki örtüsü kuşaklarını gösteriyordu. Yıllar sonra, 1851'de, And Dağlarındaki kuşakları Alp Dağları, Pireneler, Lapland, Tenerife ve Himalaya Dağlarındaki kuşaklarla karşılaştırarak küresel bir uygulamayı gösterdi.

Ekolojiyi tanımlama

Haeckel de "ekoloji" sözcüğünü icat ettiğinde, bir canlı ve cansız dünya *Gestalt*'ı (birliği) görme geleneğine uyuyordu. Coşkulu bir evrimci olan Haeckel, 1859'da *Türlerin Kökeni Üzerine*'yi yayımlayarak değişmez bir dünya olarak Yer fikrini kovan Charles Darwin'den esinlendi. Doğal seçilimin rolünü sorguladı, ama hem evrimde hem ekolojide çevrenin önemli bir rol oynadığına inandı.

19. yüzyılın sonuna gelindiğinde, ilk ekoloji ders kitabı



Plantesamfund'u (*Bitki Ekolojisi*) 1895'te yayımlayan Danimarkalı botanikçi Eugenius Wanming, üniversitede ekoloji dersi veriyordu. Humboldt'un öncü çalışmalarından yola çıkan Warming, bitki dağılımının biyom olarak bilinen, büyük ölçüde bitkilerin çevreyle, özellikle iklimle etkileşimine dayanan küresel coğrafi altbölümlerini geliştirdi – tropikal yağmur ormanları biyomu gibi.

Bireyler ve topluluk

20. yüzyılın başında modern ekoloji tanımı, organizmaların dağılımını ve çokluğunu belirleyen etkileşimlerin bilimsel incelenmesi olarak gelişti. Bu etkileşimler, bir organizmanın onu etkileyen bütün faktörleri –hem biyotik (canlı organizmalar) hem abiyotik (toprak, su, hava, sıcaklık ve günışığı gibi cansız faktörler– kuşatan çevresini kapsar. Modern ekolojinin kapsamı bireysel organizmadan aynı türden bireylerin oluşturduğu popülasyonlara ve tikel bir çevreyi paylaşan popülasyonlardan oluşan topluluğa kadar uzanır.

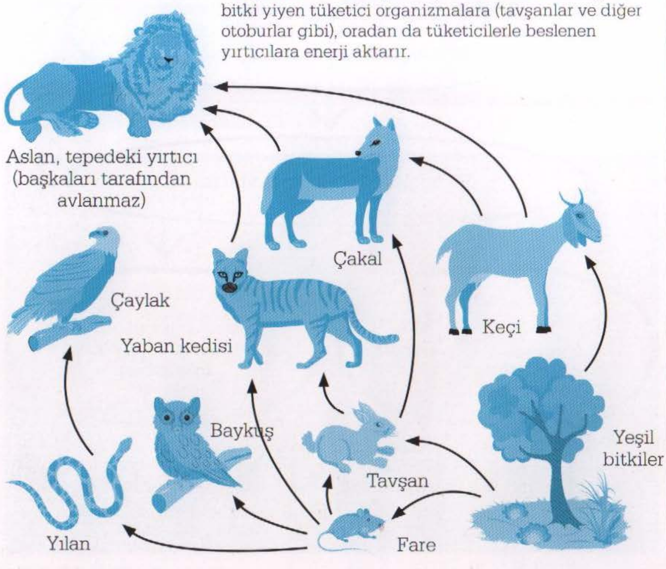
Ekolojinin temel terim ve kavramlarının çoğu, yirminci yüzyılın ilk birkaç on yılında öncü ekologların çalışmalarına dayanır. Biyolojik topluluk kavramını ilk kez 1916'da Amerikalı botanikçi Frederic Clements geliştirdi. Verili bir alandaki bitkilerin zaman içinde öncü bir ilk topluluktan optimal bir doruk topluluğa uzanan bir topluluk silsilesi geliştirdiğine inanmaktaydı; doruk topluluk içinde farklı türlerin ardışık toplulukları birbirlerine uyum gösterip, bir vücudun organlarına benzer, sıkı sıkıya bütünleşik ve birbirine bağımlı bir birim oluşturur. Clements'in "karmaşık bir organizma" olarak topluluk metaforu başlangıçta eleştirildi, ama daha sonraki düşünceyi etkiledi.

> Anlaşılan bütün bu zehir zinciri, ilk yoğunlaştırıcılar olması gereken minik bitkilerin oluşturduğu bir temele dayanıyor.
> **Rachel Carson**

Topluluktan daha yüksek düzeyde ekolojik bütünleşme düşüncesi 1935'te, İngiliz botanikçi Arthur Tansley'in geliştirdiği ekosistem kavramıyla sunuldu. Bir ekosistem hem canlı hem cansız öğelerden oluşur. Bu öğelerin etkileşimi, çevreden canlı kısma sürekli bir enerji akışı olan istikrarlı bir birim oluşturur ve bir su birikintisinden okyanusa ya da bütün gezegene kadar her ölçekte etkili olabilir.

İngiliz zoolog Charles Elton'ın hayvan topluluklarını incelemesi, 1927'de, daha sonra "besin ağı" olarak bilinen besin zinciri ve besin döngüsü kavramını geliştirmesine yol açtı. Bir besin zinciri, bir ekosistem aracılığıyla birincil üreticilerden (karadaki yeşil bitkiler gibi) bir dizi tüketici organizmaya enerji aktarımıyla oluşur. Elton belirli organizma gruplarının besin zincirinde bir süre belli nişleri işgal ettiğini de anladı. Elton'ın nişleri yalnızca habitatları değil işgalci organizmaların geçinmek için bağımlı oldukları kaynakları da

Bir besin zinciri, birincil üreticilerden (güneş enerjisini besin enerjisine çeviren bitkiler ve algler) bitki yiyen tüketici organizmalara (tavşanlar ve diğer otoburlar gibi), oradan da tüketicilerle beslenen yırtıcılara enerji aktarır.





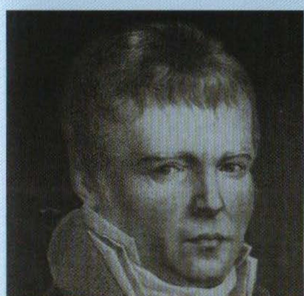
Rachel Corson (en sağdaki) kirlenmenin çevre üzerindeki yıkıcı etkisine dikkat çekerek ekoloji bilimine ve ekolojinin halk tarafından anlaşılmasına önemli bir katkıda bulundu.

kapsar. Besin zinciri basamağıyla enerji aktarımının dinamiği, Amerikalı ekologlar Raymond Lindeman ve Robert MacArthur tarafından incelendi; bu ekologların matematiksel modelleri, ekolojinin öncelikli olarak betimleyici bir bilimden deneysel bir bilime dönüşmesine yardımcı oldu.

Yeşil hareket

1960'larda ve 1970'lerde ekolojiye popüler ve bilimsel ilgide bir patlama, Amerikalı deniz biyoloğu Rachel Carson gibi güçlü savunucuların verdiği güçle çevreci hareketin gelişmesine yol açtı. Carson'ın 1962'de çıkardığı kitabı *Sessiz Bahar*, haşere ilacı DDT gibi insan yapımı kimyasalların çevre üzerindeki zararlı etkilerini belgeledi. 1968'de Apollo 8 astronotlarının uzaydan çektiği ilk Yer fotoğrafı, gezegenin kırılganlığı konusunda kamusal farkındalık yarattı. 1969'da, "Yer'in bütün çeşitliliğiyle yaşamı besleme yeteneğini güvenceye alma" misyonuyla Dünya Dostları ve Greenpeace örgütleri kuruldu. Çevresel koruma, temiz ve yenilenebilir enerji, organik gıdalar, geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik hem Kuzey Amerika'da hem Avrupa'da siyasal gündem maddeleriydi ve ekoloji bilimi temelinde ulusal koruma ajansları kuruldu. Son on yıllar, küresel iklim değişikliği ve bunun çevre ve birçoğu zaten insan faaliyetinin tehdidi altında olan mevcut ekosistemler üzerindeki etkisi konusunda artan bir kaygıya tanık oldu. ■

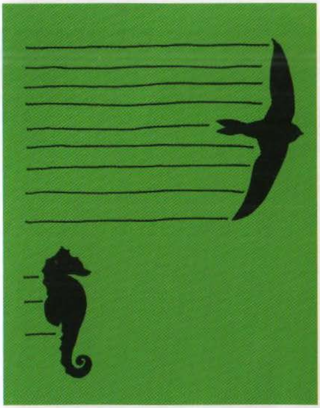
Alexander von Humboldt



Berlin'de zengin ve çevresi geniş bir ailede doğan Humboldt, Frankfurt Üniversitesinde maliye, Göttingen'de doğa tarihi ve dilbilim, Hamburg'da dil ve ticaret, Freiburg'da jeoloji ve Jena'da anatomi okudu. 1796'da annesinin ölümüyle, 1799'dan 1804'e kadar botanikçi Aimé Bonpland ile birlikte Amerika'ya bir keşif gezisi için gerekli mali kaynağa kavuştu. En son bilimsel donanımı kullanan Humboldt bitkilerden nüfus istatistiklerine ve minerallerden meteorolojiye kadar her şeyi ölçtü. Amerika'dan dönünce Humboldt Avrupa'nın her tarafında ağırlandı. Paris'e üslendi; verilerini işleyip 30 cilt halinde yayımlaması 21 yıl aldı; sonra düşüncelerini, *Kosmos* başlıklı dört cilt halinde sentezledi. Beşinci cilt, 89 yaşında Berlin'de öldükten sonra tamamlandı. Darwin ona "şimdiye kadar yaşamış en büyük bilim gezgini" dedi.

Önemli eserleri

1825 *Journey to the Equinoctial Regions of the New Continent*
1845–1862 *Kosmos*



IŞIK SUDA DAHA YAVAŞ YOL ALIR

LÉON FOUCAULT (1819–1868)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

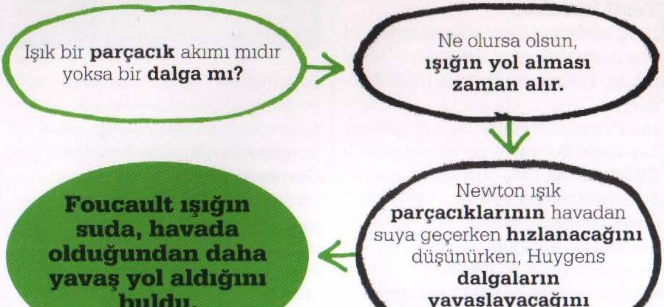
ÖNCE
1676 Ole Rømer Jüpiter'in uydusu Io'nun tutulmalarını kullanarak ışık hızının ilk başarılı ölçümünü yapar.

1690 Christiaan Huygens, ışığın bir tip dalga olduğunu öne süren *Treatise on Light*'ı yayınlar.

1704 Isaac Newton'ın *Opticks*'i ışığın bir "tanecikler" akımı olduğunu öne sürer.

SONRA
1864 James Clerk Maxwell, elektromanyetik dalgaların hızı ışığın hızına o kadar yakındır ki, ışık bir elektromanyetik dalga biçimi olması gerektiğini anlar.

1879–83 Almanya doğumlu ABD'li fizikçi Albert Michelson, Foucault'nun yöntemini geliştirir ve bugünün değerine çok yakın bir ışık hızı elde eder.



17. yüzyılda bilim insanları ışığı ve sonlu, ölçülebilir bir hızının olup olmadığını araştırmaya başladı. 1690'da Christiaan Huygens ışığı bir boyuna dalga gibi düşündü ve dalganın, camda ya da suda, havada olduğundan daha yavaş yol alacağını öngördü. 1704'te Isaac Newton, bir "tanecik" ya da parçacık akımı olarak ışık teorisini yayınladı. Newton'ın kırılmaya –bir ışık demetinin bir saydam malzemeden diğerine geçerken bükülmesi– ilişkin açıklaması, ışığın havadan suya geçerken daha hızlı yol aldığını varsaydı.

Işığın hızına ilişkin hesaplar, ışığın uzayda ne kadar hızlı yol aldığını gösteren astronomik olgulara dayanmaktaydı. İlk karasal ölçüm 1849'da Fransız fizikçi Hippolyte Fizeau tarafından gerçekleştirildi. Dönen bir dişli

Ayrıca bkz. Christiaan Huygens 50–51 ▪ Ole Rømer 58–59 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ Thomas Young 110–11 ▪ James Clerk Maxwell 180–85 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Richard Feynman 272–73

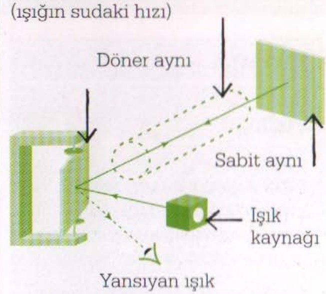
> Her şeyden önce hatasız olmalıyız ve bu, titizlikle yerine getirmek niyetinde olduğumuz bir yükümlülüktür.
> **Léon Foucault**

çarkın bir diş aralığına bir ışık demeti tutuldu. Sonra bu ışık 8 km uzağa konulan bir aynayla yansıtıldı ve tekrar çarkın bir sonraki diş aralığından geçirildi. Zaman ve mesafeyle birlikte, bunun gerçekleşmesini olanaklı kılan dönüşün kesin hızını da alan Fizeau, ışığın hızını 313.000 km/sn olarak hesapladı.

Newton'la çelişmek

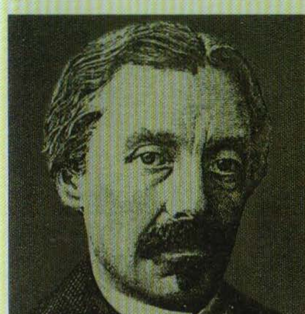
1850'de Fizeau, fizikçi arkadaşı Léon Foucault ile işbirliği yaptı; Foucault ışık demetini çark dişlisinden geçirmek yerine dönen bir aynadan yansıtarak Fizeau'un aygıtını uyarladı – ve daha küçülttü. Dönen aynaya çevrilen ışık, yalnızca döner ayna doğru açıda olduğunda uzak aynaya yansıyacaktı. Sabit aynadan dönen ışık döner ayna tarafından tekrar yansıtılıyordu; ama ışık yol alırken bu ayna hareket ettiği için, tekrar doğrudan kaynağa yansımıyordu. Işığın hızı, ışığın döner aynaya gidişi ile gelişi arasındaki açıdan ve aynanın dönüş hızından yola çıkılarak hesaplanabilirdi.

Işığın sudaki hızı, aygıtta döner ayna ile sabit ayna arasına bir su tüpü koyarak ölçülebilirdi. Bu aygıtı kullanan Foucault ışığın suda daha yavaş yol aldığını saptadı. Ona göre, bu haliyle ışık bir parçacık olamazdı ve bu deney, o sırada Newton'ın tanecik teorisinin çürütülmesi olarak görüldü. Foucault aygıtını daha da geliştirdi ve 1862'de ışığın havadaki hızını 298.000 km/sn olarak ölçtü – bugünün 299.792 km/sn'lik değerine çok yakın. ▪



Foucault'nun deneyinde, bir ışık demeti döner bir aynadan sabit aynaya ve sabit aynadan tekrar döner aynaya yansıtılırken oluşan açı farkından ışığın hızı ölçüldü.

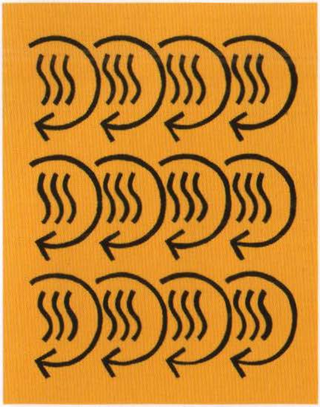
Léon Foucault



Paris'te doğan Léon Foucault, bakteriyolog Alfred Donné'den ders aldığı tıp okuluna girmeden önce esas olarak evde eğitim gördü. Kan görmeye tahammül edemediği için Foucault çok geçmeden okulu bıraktı, Donné'nin laboratuvar asistanı oldu ve mikroskopla fotoğraf çekmenin bir yolunu buldu – daha sonra Hippolyte Fizeau ile birlikte çalışıp, Güneş'in ilk fotoğrafını çekti. Foucault ışığın hızını ölçmenin yanı sıra, 1851'de bir sarkaç ve daha sonra bir jiroskop kullanarak Yer'in dönüşünün deneysel kanıtlarını göstermekle de ünlüdür. Resmi bilim eğitimi almamış olmasına rağmen, Paris'te İmparatorluk Gözlemevi'nde Foucault'ya bir kürsü ayrıldı. Birçok bilim derneğine de üye oldu ve Eiffel Kulesinde adı yazılı 72 Fransız bilim insanından biridir.

Önemli eserleri

1851 *Demonstration of Physical Movement of Rotation of the Earth by Means of the Pendulum*
1853 *On the Relative Velocities of the Light in Air and in Water*



CANLI KUVVET ISIYA ÇEVRİLEBİLİR

JAMES JOULE (1818–1889)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1749 Fransız matematikçi Émile de Châtelet, Newton'ın yasalarından enerjinin korunumu yasasını türetir.

1824 Fransız mühendis Sadi Carnot doğada tersinir süreçler olmadığını söyleyerek, termodinamiğin ikinci yasasının yolunu döşer.

1834 Fransız fizikçi Émile Clapeyron, Carnot'nun çalışmasının geliştirip, termodinamiğin ikinci yasasının bir versiyonunu ifade eder.

SONRA
1850 Alman fizikçi Rudolf Clausius, termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarının ilk berrak ifadesini verir.

1854 İskoç mühendis William Rankine, enerjinin dönüşümüne daha sonra entropi (bir düzensizlik ölçüsü) denilen kavramı ekler.

Enerjinin korunumu ilkesine göre, enerji kaybolmaz yalnızca biçim değiştirir. Ama 1840'larda bilim insanlarının, enerjinin ne olduğu konusunda muğlak bir fikre sahipti. Bir İngiliz bira imalatçısının oğlu olan James Joule, ısının, mekanik hareketin ve elektriğin birbirine dönüşebilir enerji biçimleri olduğunu ve biri diğerine dönüştüğünde toplam enerjinin aynı kaldığını gösterdi.

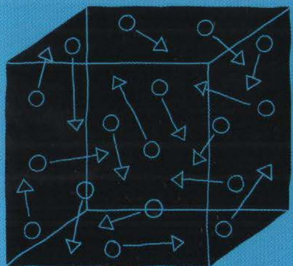
Enerjiyi dönüştürmek

Joule deneylerine evdeki bir laboratuvarda başladı. 1841'de bir elektrik akımının ne kadar ısı ürettiğini buldu. Mekanik hareketi ısıya dönüştürme deneyleri yaptı ve düşen bir ağırlığın sudaki bir çarkı döndürüp suyu ısıttığı bir deney geliştirdi. Joule sudaki sıcaklık artışını ölçerek, belli bir miktarda mekanik işin yaratacağı ısının tam miktarını çıkarabildi. Bu dönüşümde enerjinin hiç kaybolmadığını iddia etti. 1847'de Alman fizikçi Hermann Helmholtz enerjinin korunumu teorisini özetleyen bir tebliğ yayımlayana kadar Joule'un düşünceleri büyük ölçüde göz ardı edildi; ancak ondan sonra çalışmalarını Oxford'taki British Association'a sundu. Standart enerji birimi joule, adını ondan alır. ■



Joule'un deneyinde düşen bir ağırlık, bir kova suyun içinde dönen bir pedalı hareket ettirdi. Hareketin enerjisi ısıya dönüştü.

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Joseph Black 76–77 ▪ Joseph Fourier 122–23



MOLEKÜLER HAREKETİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

LUDWIG BOLTZMANN (1844–1906)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1738 Daniel Bernoulli, gazların hareket eden moleküllerden oluştuğunu ortaya atar.

1827 İskoç botanikçi Robert Brown polenin sudaki hareketini tanımlar; bu, Brown devinimi olarak anılır.

1845 İskoç fizikçi John Waterston, enerjinin gaz molekülleri arasında istatistiksel kurallara uygun nasıl hareket ettiğini açıklar.

1857 James Clerk Maxwell moleküllerin ortalama hızını ve çarpışmalar arasındaki ortalama mesafeyi hesaplar.

SONRA
1905 Albert Einstein, Brown devinimini matematiksel olarak analiz ederek, molekül etkisinin sonucu olduğunu gösterir.

19. yüzyılın ortasına gelindiğinde atomlar ve moleküller kimyada temel düşünce haline gelmişti ve pek çok bilim insanı, elementlerin ve bileşiklerin kimliği ve davranışı bakımından çok önemli olduklarını biliyorlardı. Çok azı fizikte yerleri olduğunu düşünüyordu; ama 1880'lerde Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann gazların kinetik teorisini geliştirip, atomları ve molekülleride fiziğin merkezine yerleştirdi.

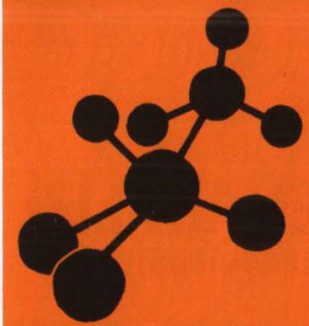
> Var olma mücadelesinde ve dünyanın evriminde ana amaç, kullanılabilir enerjidir.
> **Ludwig Boltzmann**

18. yüzyılın başında İsviçreli fizikçi Daniel Bernoulli, gazların hareket eden çok sayıda molekülden oluştuğunu ortaya atmıştı. Bu moleküllerin etkisi basıncı, kinetik enerjileri (hareket enerjileri) ısı yaratır. 1840'larda ve 1850'lerde bilim insanları, gazların özelliklerinin sayısız parçacığın ortalama hareketini yansıttığını anlamaya başlamıştı. 1859'da James Clerk Maxwell moleküllerin hızını ve çarpışmadan önce ne kadar yol aldıklarını hesapladı ve sıcaklığın, moleküllerin ortalama hızının bir ölçüsü olduğunu gösterdi.

İstatistiğin önemi

Boltzmann, istatistiğin ne kadar önemli olduğunu açığa çıkardı. Maddenin özelliklerinin, hareketin temel yasaları ile istatistiksel olasılık kurallarının bir bileşimi olduğunu gösterdi. Bu ilkeden yola çıkarak, şimdi Boltzmann sabiti denilen bir sayı hesaplayıp, bir gazın basıncını ve hacmini moleküllerinin sayısıyla ve enerjisiyle ilişkilendiren bir formül ortaya koydu. ■

Ayrıca bkz. John Dalton 112–13 ▪ James Joule 138 ▪ James Clerk Maxwell 180–85 ▪ Albert Einstein 214–21



PLASTİĞİ İCAT ETME NİYETİM YOKTU

LEO BAEKELAND (1863–1944)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1839 Berlinli eczacı Eduard Simon, Türk günlük ağacından stiren reçine damıtır. Bir yüzyıl sonra bu, Alman IG Farben şirketi tarafından geliştirilip polistirene dönüştürdü.

1862 Alexander Parkes ilk sentetik plastik Parkesini geliştirir.

1869 Amerikalı John Hyatt, bilardo topu yapmak için fildişi yerine kullanılan selüloidi yaratır.

SONRA
1933 ICI şirketinden İngiliz kimyacılar Eric Fawcett ve Reginald Gibson ilk pratik polietilen yaratır.

1954 İtalyan Giulio Natta ve Alman Karl Rehn, bugün en yaygın kullanılan plastik olan polipropilen birbirlerinden habersiz icat eder.

19. yüzyılda sentetik plastiğin keşfi, daha önce bilinenlerden farklı bir yığın malzemenin -hafif, paslanmayan, akla gelebilecek her şekle sokulabilen- yaratılmasının yolunu açtı. Plastikler doğal yolla oluşabilir; ama şimdi yaygın kullanımda olan plastiklerin tümü tamamen sentetiktir. 1907'de Belçika doğumlu Amerikalı mucit Leo Baekeland, şimdi bakalit olarak bilinen, ticari açıdan başarılı ilk plastiklerden birini yarattı.

Plastiğe özel niteliğini veren şey, moleküllerinin şeklidir. Yalnızca birkaç istisna dışında plastikler, çok sayıda küçük molekülün ya da monomerin oluşturduğu ve polimer olarak bilinen uzun organik moleküllerden oluşur. Çok az polimer, bitkilerdeki ana ağaçsı madde selüloz gibi, doğal yolla oluşur. Doğal polimerler 1800'lerde hazırlanamayacak kadar çok

Polimer denilen **uzun molekülerden** yapılan malzemelerin özel nitelikleri vardır.

→

Vernikte kullanılan bir reçine olan **şellak,** doğal yolla oluşan bir polimerdir.

↓

Kömür katranını işleyerek **yapay şellak** yapmak olanaklıdır.

←

Bu yapay polimer plastik denilen, **güçlü, zor şekillenebilir malzemeler** üretmek için kullanılabilir.

↓

Plastiği icat etme niyetim yoktu.

Ayrıca bkz. Friedrich Wöhler 124–25 ▪ August Kekulé 160–65 ▪ Linus Pauling 254–59 ▪ Harry Kroto 320–21

> Gerçekten sert bir şey yapmaya çalışıyordum; ama sonra onun yerine gerçekten yumuşak, farklı şekillere sokulabilen bir şey yapmam gerektiğini düşündüm. İlk plastik böyle ortaya çıktı.
> **Leo Baekeland**

karmaşık olmalarına rağmen, bazı bilim insanları bunları kimyasal tepkimelerden sentetik olarak meydana getirmenin yollarını araştırmaya başladı. 1862'de İngiliz kimyacı Alexander Parkes, Parkesine dediği sentetik bir selüloz biçimi yarattı. Birkaç yıl sonra Amerikalı John Hyatt, selüloid olarak anılan başka bir selüloz biçimi geliştirdi.

Doğayı taklit etmek

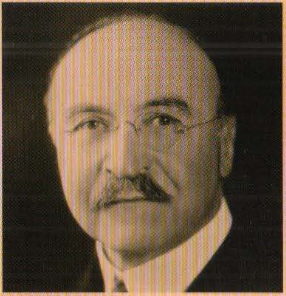
Baekeland 1890'larda dünyanın ilk fotoğraf kâğıdını geliştirdikten sonra, düşünceyi Kodak'a sattı ve parasıyla, kendi laboratuvar donanımı bulunan bir ev satın aldı. Burada sentetik şellak yaratma deneyleri yaptı. Şellak, dişi lak böceğinin salgıladığı bir reçinedir. Mobilyalara ve diğer nesnelere dirençli, parlak bir kabuk kazandırmak için kullanılan doğal bir polimerdir. Baekeland, kömür katranından elde edilen fenol reçineyi formaldehitle işleyerek, bir tür şellak meydana getirebileceğini anladı. 1907'de bu reçineye çeşitli tozlar ekledi ve dikkate değer ölçüde sert, şekillendirilebilir bir plastik yaratabildiğini gördü.

Bu plastik kimyasal olarak polioksibenzilmetilenglikolanhidrit olarak bilinir, ama Baekeland ona basitçe Bakalit dedi. Bakalit "termoset" plastikti – ısındıktan sonra şeklini koruyan plastik. Isıya direncinden ve elektrik iletmemesinden ötürü Bakalit, çok geçmeden radyo, telefon ve elektrik yalıtkanı yapımında kullanıldı. Hızla başka amaçlarla da kullanılmaya başlandı.

Bugün pleksiglas, düşük yoğunluklu polietilen ve selofanı da kapsayan binlerce sentetik plastik vardır. Çoğunluğu petrolden ya da doğal gazdan elde edilen hidrokarbonlara (hidrojen ve karbondan yapılan kimyasallar) dayanır. Bununla birlikte son on yıllarda karbon lifleri, nanotüpler ve başka malzemeler eklenerek, kevlar gibi süper hafif, süper güçlü plastik malzemeler yaratıldı. ■



Isıya dirençli ve elektrik iletmeyen Bakalit, telefon ve radyo gibi elektrikli eşyaların kasaları için kullanılacak ideal bir malzemeydi.



Leo Baekeland

Leo Baekeland Belçika'da Ghent'te doğdu ve oradaki üniversitede okudu. 1889'da kimya doçenti oldu ve Celine Swarts ile evlendi. Genç çift New York'ta balayındayken, Baekeland ünlü bir fotoğraf şirketinin başkanı olan Richard Anthony ile tanıştı. Anthony, Baekeland'ın fotografik işlemlerle ilgili çalışmalarından o kadar etkilendi ki, onu kimya danışmanı olarak işe aldı. Baekeland ABD'ye taşındı ve çok geçmeden kendi işini kurdu.

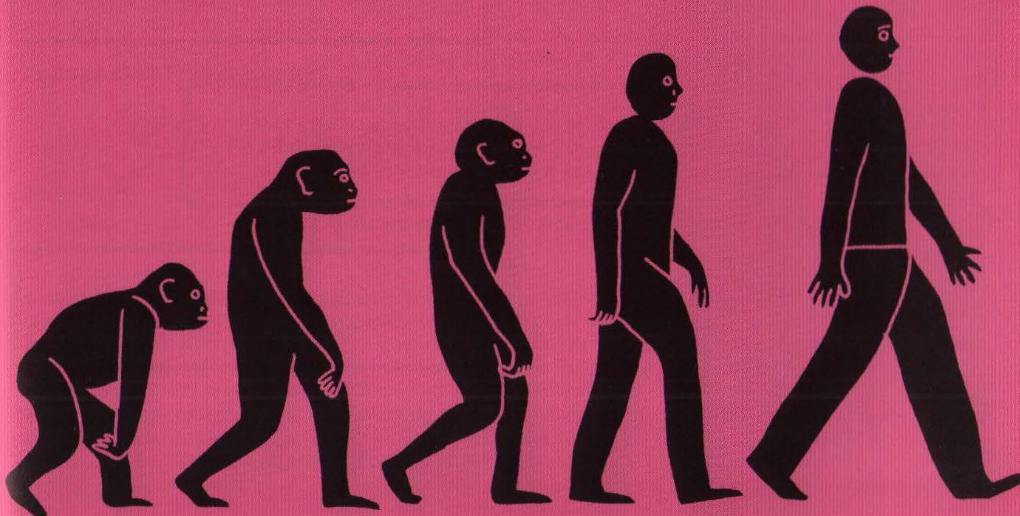
Baekeland, zenginleşmesini sağlayan Bakaliti geliştirmeden önce Velox olarak bilinen ilk fotoğraf kâğıdını icat etti. Plastik dışında birçok buluşu vardır ve toplam 50'den fazla patenti tescil ettirdi. Ömrünün sonlarına doğru yalnızca konserve yiyen tuhaf bir münzevi oldu. 1944'te öldü ve New York'ta Sleepy Hollow Mezarlığına gömüldü.

Önemli eserleri

1909 *Paper on Bakelite read to the American Chemical Society*

BU İLKEYE DOĞAL SEÇİLİM DENİR

CHARLES DARWIN (1809–1882)



KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1794 Erasmus Darwin (Charles'ın dedesi) *Zoonomia*'da kendi evrim görüşünü anlatır.

1809 Jean-Baptiste Lamarck, edinilmiş özelliklerin kalıtımı yoluyla evrimin bir biçimini önerir.

SONRA
1937 Theodosius Dobzhansky, evrimin genetik temeliyle ilgili deneysel kanıtlarını yayınlar.

1942 Ernst Mayr tür kavramını, yalnızca birbiriyle üreyen popülasyonlarla tanımlar.

1972 Niles Eldredge ve Stephen Jay Gould evrimin, araya görece istikrar dönemleri serpili kısa patlamalarla gerçekleştiğini öne sürer.

Pek çok organizma besin ve yaşama alanı yokluğu gibi kısıtlamalar nedeniyle **hayatta kalabilenlerden fazla yavru** verir.

Yavrular birçok bakımdan birbirinden **farklıdır.**

Farklılık, **bazı yavruların** hayatta kalma mücadelesine **daha uygun ya da daha iyi uyarlanmış** olmaları anlamına gelir.

Bu bireyler **avantajlı özellikleri** yavrularına **aktarırsa,** onlar da hayatta kalır.

Bu ilkeye "doğal seçilim" denir.

İngiliz doğa bilimci Charles Darwin bitkilerin, hayvanların ve diğer organizmaların sabit ve dönüşmez –ya da o zamanın popüler sözcüğüyle "değişmez"– olmadıklarını öne süren ilk bilim insanı değildi. Kendisinden öncekiler gibi Darwin de organizma türlerinin zaman içinde değiştiğini ya da evrildiğini savundu. Onun büyük katkısı, doğal seçilim dediği bir süreçle evrimin nasıl gerçekleştiğini göstermesiydi. Düşüncesini 1859'da Londra'da yayınlanan kitabı *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*'da [Doğal Seçilim Yaluyla Türlerin Kökeni ya da Yaşam Mücadelesinde Avantajlı Irkların Korunması Üzerine] açıkladı. Darwin kitabı "tek bir uzun sav" olarak tarif etti.

"Bir cinayeti itiraf etmek"

Türlerin Kökeni Üzerine akademik ve popüler muhalefetle karşılaştı. Türlerin sabit ve değişmez olduğunu, Tanrı tarafından tasarlandığını ısrarla belirten dinsel öğretiden bahsetmiyordu. Ama kitaptaki düşünceler, doğal dünyayla ilgili bilimsel bakış açısının giderek değiştirdi. Kitabın çekirdek fikri modern biyolojinin temelini oluşturur; hem geçmiş hem şimdiki yaşam formlarına ilişkin basit, ama son derece güçlü bir açıklama yapar.

Darwin, kitaptaki potansiyel dinsel küfrün farkındaydı. Yayınlanmasından on beş yıl önce, sırdaşı botanikçi Joseph Hooker'a teorisinin Tanrı'yı ya da değişmeyen türleri gerektirmediğini söyledi: "Sonunda ışık parıltıları geldi ve türlerin

Ayrıca bkz. James Hutton 96–101 ▪ Jean-Baptiste Lamarck 118 ▪ Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Henry Huxley 172–73 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ Barbara McClintock 271 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Michael Syvanen 318–19

> Yaratılış, MÖ 4004'te gerçekleşen bir olay değildir; 10 milyar yıl kadar önce başlayan ve hâlâ devam eden bir süreçtir.
> **Theodosius Dobzhansky**

değişmez olmadıklarına (bu, bir cinayeti itiraf etmeye benziyor) neredeyse inanıyorum (başlangıçtaki kanaatimin tam tersi)." Darwin'in evrime yaklaşımı, doğa tarihiyle ilgili diğer çalışmaları gibi, ihtiyatlı, dikkatli ve bilinçliydi. Adım adım ilerledi, yol boyunca büyük miktarda kanıt topladı. Yaklaşık 30 yıl boyunca fosillerle, jeolojiyle, bitkilerle, hayvanlarla ve seçici üretmeyle ilgili engin bilgisini, demografinin, ekonominin ve diğer birçok alanın kavramlarıyla bütünleştirdi. Sonuçta ortaya çıkan doğal seçilimle evrim teorisi, en büyük bilimsel ilerlemelerden biri kabul edilir.

Tanrı'nın rolü

19. yüzyılın başında Victoria dönemi toplumunda fosiller yaygın bir biçimde tartışılmaktaydı. Bazıları onları canlı organizmalarla alakasız, doğal yolla oluşmuş kayaç şekilleri olarak görüyordu. Bazıları, Yaratanın müminleri sınamak için Yer'e koyduğu eseri olarak görüyordu. Ya da dünyanın bir yerinde hâlâ yaşamakta olan organizmaların kalıntıları sanıyordu; çünkü Tanrı canlıları kusursuz yaratmıştı.

1796'da Fransız doğa bilimci Georges Cuvier mamut ya da dev tembelhayvan gibi belli fosillerin soyu tükenmiş hayvanların kalıntıları olduğunu kabul etti. Bunu, Kitabı Mukaddes'te tasvir edilen Tufan gibi afetlére başvurarak dinsel inancıyla uzlaştırdı. Her afet bütün bir canlı türünü silip süpürdü; sonra Tanrı dünyayı yeni türlerle doldurdu. Afetler arasında her tür sabit ve değişmez kaldı. Bu teori "katastrofizm" olarak anıldı ve Cuvier'in *Preliminary Discourse*'unun 1813'te yayınlanmasından sonra geniş çevrelerce tanındı.

Bununla birlikte, Cuvier yazdığı sırada evrimi temel alan çeşitli düşünceler zaten dolaşımdaydı. Charles'ın özgür düşünceli dedesi Erasmus Darwin kendine özgü bir teori önerdi. Fransa'nın Ulasal Doğa Tarihi Müzesi'nde zooloji profesörü olan Jean-Baptiste Lamarck'ın düşünceleri daha etkiliydi. 1809 tarihli *Philosophie Zoologique*'i, belki de ilk mantıklı evrim teorisini açıkladı. Bu teoriye göre canlı varlıklar, karmaşıklaştırıcı bir güç sayesinde basit başlangıçlardan giderek karmaşık aşamalara evrildi. Fiziksel vücutlarında çevresel meydan okumalarla karşılaştılar ve buradan, bir bireyde kullanmama ve kullanmama düşüncesi çıktı: "Bir organın daha sık ve daha sürekli kullanılması o organı güçlendirir, geliştirir ve büyütürken... bir organın sürekli kullanılmaması o organı sonunda yok olana kadar... fark edilmez bir biçimde güçsüzleştirir ve bozar." Organın daha büyük gücü daha sonra yavruya geçmekteydi – edinilmiş özelliklerin kalıtımı olarak anılan bir olgu.

Lamarck'ın teorisi fazla önemsenmemesine rağmen, daha sonra Darwin küçümseyerek "mucizevi müdahale" dediği şeyin bir sonucu olarak değişimin gerçekleşmemiş olma olasılığına kapı açtığı için Lamarck'ı övdü.

Beagle'ın maceraları

Darwin 1831-36'da kaptan Robert FitzRoy'un yönettiği araştırma gemisi HMS *Beagle*'ın güvertesinde dünyayı dolaşırken, türlerin değişmezliğine kafa yormaya bol zaman buldu. Gezinin bilimcisi olarak Darwin her türlü fosil, bitki ve hayvan örneği toplamakla ve bunları uğranılan her limandan Britanya'ya göndermekle görevliydi.



Fosil kalıntıları inceleyen Georges Cuvier, türlerin soyunun tükendiğini saptadı. Ama bu kanıtların tedrici bir değişime değil, bir dizi felakete işaret ettiğine inandı.

Bu destansı yolculuk o sırada yirmili yaşlarda olan genç Darwin'in gözlerini yaşamın inanılmaz çeşitliliğine açtı. *Beagle*'ın yanaştığı her limanda Darwin doğanın bütün boyutlarını ilgiyle gözlemledi. 1835'te Ekvador'un 900 km batısında Pasifik takımadası Galapagos Adaları'nda küçük, önemsiz bir grup kuşu tasvir etti ve topladı. Altısı ispinoz olmak üzere dokuz kuş türü olduğunu düşündü.

İngiltere'ye döndükten sonra Darwin kendi verilerini düzenledi ve çok ciltli, çok yazarlı *The Zoology of the Voyage of HMS Beagle*'ın hazırlanmasına nezaret etti. Kuşlarla ilgili ciltte ünlü ornitolog John Gould, Darwin'in topladığı örneklerde aslında 13 tür bulunduğunu ve hepsinin ispinoz olduğunu ilan etti. Ama grubun içinde farklı besinlere uyarlanmış farklı gaga şekline sahip kuşlar vardı.

Kendi maceralarının çok satan anlatımı *The Voyage of the Beagle*'da Darwin şunları yazdı: "Küçük, yakın akraba tek bir kuş gurubunda bu yapı çeşitliliğini ve geçişimini gören biri, başlangıçta bu takımadada bir kuş kıtlığından ötürü bir tür alınmış ve farklı amaçlar için değiştirilmiş olduğunu zannedebilir." Bu, evrimle ilgili düşüncelerinin nereye doğru gittiğine ilişkin ilk berrak, aleni formülasyonlarından biriydi.

Türleri karşılaştırmak

Darwin'in ispinozları, evrimle ilgili çalışmalarının tek nedeni değildi. Aslında *Beagle* yolculuğu boyunca, özellikle Galapagos'u ziyareti sarısında düşünceleri şekillenmişti. Gördüğü dev kaplumbağalardan, kaplumbağa kabuklarının adadan adaya küçük farklılıklar göstermesinden büyülendi. Alaycı kuş türlerinden de etkilendi. Onlar da adadan adaya değişmekteydi; ama aynı zamanda yalnızca kendi aralarında değil, Güney Amerika anakarasında yaşayan türlerle benzerlikleri de vardı.

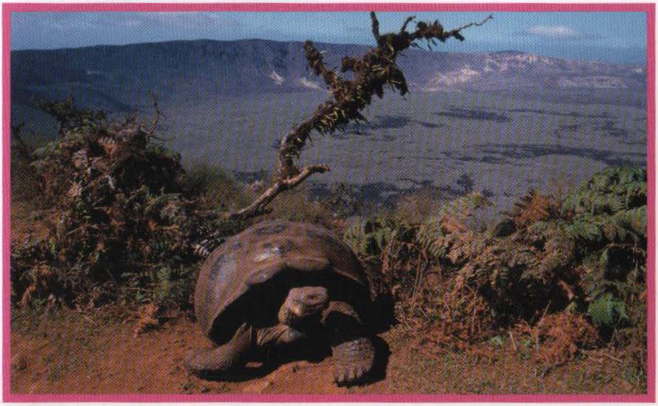
Darwin çeşitli alaycı kuşların, bir şekilde anakaradan Pasifik'e geçmiş ortak bir atadan evrilmiş olabileceğini; sonra her kuş grubunun, her adadaki tikel çevreye ve bulunan yiyeceklere uyarlanarak evrildiğini öne sürdü. Dev kaplumbağalara, Falkland Adası tilkilerine ve diğer türlere ilişkin yaptığı gözlemler, bu ilk sonuçları desteklemekteydi. Ama Darwin dine aykırı bu tür düşüncelerin nereye varacağının farkındaydı: "Bu tür gerçekler, türün istikrarını zedelerdi."

> Doğal seçilim ilkesine göre, ufak değişim (bir özelliğin), yararlıysa, korunur.
> **Charles Darwin**

Yapbozun diğer parçaları

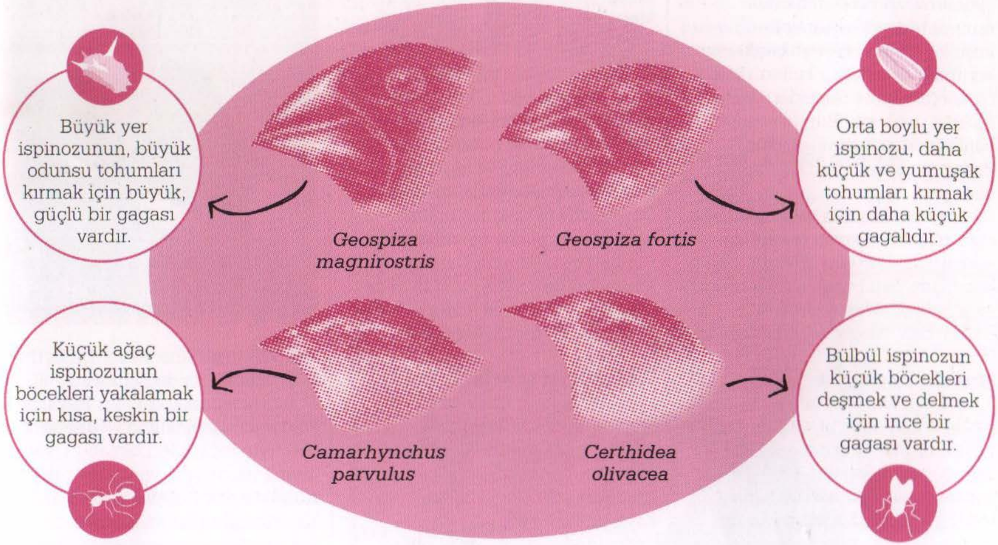
1831'de Güney Amerika'ya giderken Darwin, Charles Lyell'in *Principles of Geology*'sinin birinci cildini okumuştu. Lyell, Cuvier'in katastorfizm tarihine ve fosil oluşumu teorisine karşı çıkıyordu. James Hutton'un öne sürdüğü jeolojik yenilenme düşüncelerini uyarlayıp, "üniformitaryanizm" [birörneklik] olarak bilinen bir teoriye dönüştürdü. Yeryüzü büyük zaman dilimleri içinde, bugün gerçekleşenlerle aynı dalga erozyonu ve volkanik kargaşa gibi süreçlerle oluşmakta, değişmekte ve yeniden oluşmaktaydı. Tanrı'nın feci müdahalelerine başvurmaya gerek yoktu.

Lyell'in düşünceleri Darwin'in keşif gezilerinde bulduğu ve şimdi "Lyell'in gözleriyle" baktığı fosilleri,



Bu dev kaplumbağa yalnızca Galapagos Adaları'nda bulunur; burada her adada benzersiz bir alt tür gelişmiş. Darwin evrim teorisinin kanıtlarını burada topladı.

Galapagos ispinozları özgül yiyeceklere uyurlanmış farklı şekilde gagalar geliştirdi.



kayaçları ve arazi oluşumlarını yorumlama şeklini dönüştürdü. Ne var ki, Güney Amerika'dayken *Principles of Geology*'nin ikinci cildi geldi. Bu ciltte Lyell, Lamarck'ın teorileri de dahil, bitkilerin ve hayvanların tedrici evrimine ilişkin düşünceleri reddetmekteydi. Türlerin çeşitliliğini ve dağılımını açıklamak için "Yaratılış merkezleri" kavramına başvurdu. Darwin bir jeolog olarak Lyell'e hayranlık duymasına rağmen, evrimin kanıtı olarak kakılan bu en son kavramı önemseyemezdi.

Yapbozun bir parçası da 1838'de, İngiliz demograf Thomas Malthus'un 40 yıl önce yayınlanan *An Essay on the Principle of Population*'ını Darwin okuyunca ortaya çıktı. Malthus'un açıklamasına göre insan nüfusu katlanarak artabilirdi; 25 yıllık bir kuşak sonra iki katına, bir sonraki kuşakta tekrar iki katına çıkma ve böyle sürüp girme potansiyeli vardı. Ama besin arzı aynı şekilde genişleyemezdi ve bunun sonucu, hayatta kalma mücadelesiydi. Malthus'un düşünceleri, Darwin'in evrim teorisinin ana esin kaynaklarından biriydi.

Sakin yıllar

Beagle İngiltere'ye daha dönmeden önce bile, Darwin'in gönderdiği örneklerin yarattığı ilgi onu bir şöhret haline getirmişti. Döndükten sonra yolculuğa ilişkin bilimsel ve popüler anlatımları ününü arttırdı. Ne var ki, sağlığı bozuldu ve giderek geri çekildi.

1842'de Darwin, Kent'te sakin ve huzurlu Down House'a taşındı; orada evrim teorisini destekleyen kanıtları toplamaya devam etti. Dünyanın her tarafından bilim insanları ona örnek ve veri gönderdi. Bitkilerin ve hayvanların evcilleşmesini, özellikle güvercinlerde seçici yetiştirmenin ya da yapay seçiciliğin rolünü inceledi. 1855'te Columbia livia ya da kaya güvercini çeşitleri yetiştirmeye başladı ve bunlar, *Türlerin Kökeni Üzerine*'nin ilk iki bölümünde göze çarpacaktı.

Güvercinler üzerinde çalışan Darwin, bireyler arasında varsaysonun çapını ve yerindeliğini anlamaya başladı. Bu tür farklılıklardan çevresel faktörlerin sorumlu olduğunu söyleyen makbul görüşü reddetti; farklılığın nedeninin, ebeveynlerden bir şekilde miras alınan varyasyonla birlikte, üreme olduğunda ısrar etti. Bunu Malthus'un düşüncelerine ekleyip doğal dünyaya uyguladı.

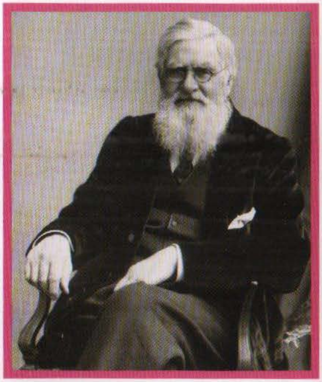
Çok daha sonra, otobiyografisinde Darwin, 1838'de

Malthus'u ilk kez okuduğunda verdiği tepkiyi hatırlıyordu. "Varolma mücadelesini takdir etmeye hazır olduğum için... bu koşullar altında elverişli çeşitlerin korunma, elverişsiz olanların yok olma eğiliminde olacakları derhal kafama dank etti. Bunun sonucu yeni türlerin oluşumu olacaktı... Sonunda çalışacağım bir teorim olmuştu."

Değişmenin rolü hakkında daha fazla bilgi sahibi olan güvercin yetiştiricisi Darwin, 1856'da, seçimi insanların değil doğanın yaptığını düşünebildi. "Yapay seçilim" teriminden, "doğal seçilim"i türetti.

Harekete geçme

18 Haziran 1858'de, Alfred Russel Wallace adlı genç bir İngiliz doğa bilimcinin kısa bir denemesi Darwin'in eline geçti. Wallace evrimin nasıl gerçekleştiğini aniden anlamasını sağlayan bir içgörü ışıltısını tarif edip, Darwin'in görüşünü soruyoruydu. Darwin, Wallace'ın içgörüsünün, 20 yıldan fazladır üzerinde çalıştığı düşüncelerin neredeyse aynısı olduğunu okuyunca sarsıldı. Geç kalmaktan endişelenen Darwin, Charles Lyell'e danıştı. Darwin'in ve Wallace'ın tebliglerinin 1 Temmuz 1858'de Londra'da Linnaean Society'ye birlikte sunulması konusunda anlaştılar. Dinleyici tepkisi kibardı; dine hakaretle ilgili bir taşkınlık olmadı. Bundan cesaret alan Darwin kitabını bitirdi. 24 Kasım 1859'da yayınlanan *Türlerin Kökeni Üzerine*, yayınlandığı gün tükendi.



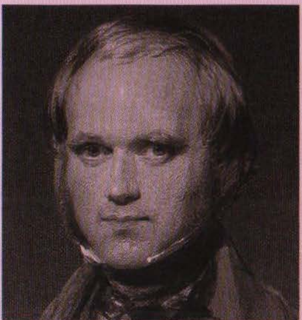
Alfred Russel Wallace, Darwin gibi, kendi evrim teorisini önce Amazon Irmağı Havzasında ve daha sonra Malay Takımadaları'nda yürüttüğü kapsamlı alan çalışmaları ışığında geliştirdi.

Darwin'in teorisi

Darwin, türlerin değişmez olmadığını ifade eder. Türler değişir ya da evrilir ve bu değişimin ana mekanizması doğal seçilimdir. Süreç iki faktöre dayanır. Birincisi, iklim değişiklikleriyle, besin arzıyla, rekabetle, yırtıcılarla ve hastalıklarla karşılaşınca hayatta kalabilenlerden daha fazla sayıda yavru doğar; bu durum bir varolma mücadelesine yol açar. İkincisi, bir türün içinde yavrular arasında değişim vardır; bunlar bazen miniktir ama yine de vardır. Evrim bakımından bu değişimler iki ölçütü karşılamalıdır. Bir: Hayatta kalma mücadelesinde ve üreme üzerinde bir etkileri olmalıdır, yani üreme başarısına yardımcı olmalıdır. İki: Kalıtım yoluyla kazanılmalıdırlar ya da aynı evrimsel avantajı sağlayacakları yavrulara aktarılmalıdırlar.

Darwin evrimi yavaş ve tedrici bir süreç olarak tarif eder. Bir organizma popülasyonu yeni bir çevreye uyum gösterince, atalarından farklı yeni bir tür olur. Bu arada o atalar aynı kalabilir,

Charles Darwin



1809'da İngiltere'de Shrewsbury'de doğan Charles Darwin, aslında babasının izinde gidip tıp okumaya mahkûmdu; ama cocukluğu böcek toplama gibi uğraşlarla geçti ve hekim olma eğilimi fazla olmadığı için, din adamı eğitimi aldı. 1831'de şanslı bir atama, HMS *Beagle*'ın dünya turuna görevli bilim insanı olarak katılmasını sağladı.

Bu yolculuktan sonra Darwin bilimsel ilgi odağı oldu; dikkatli bir gözlemci, güvenilir bir deneyci ve yetenekli bir yazar olarak ün kazandı. Deniz omurgasızları, özellikle 10 yıl boyunca incelediği midyeler ve mercan resiflerin oluşumu üzerine yazılar yazdı. Döllenme, orkideler, böcek yiyen bitkiler, bitkilerde hareket, evcil hayvanlarda ve bitkilerde değişme üzerine eserler de yazdı. Ömrünün sonlarına doğru, insanın kökeniyle ilgilendi.

Önemli eserleri

1839 *The Voyage of the* Beagle
1859 *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*
1871 *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*

> Sanırım, türlerin çeşitli amaçlara zarifçe uyum göstermelerinin basit yolunu buldum.
> **Charles Darwin**

değişen çevrelerine karşılık evrilebilir ya da hayatta kalma mücadelesini kaybetip soyları tükenebilir.

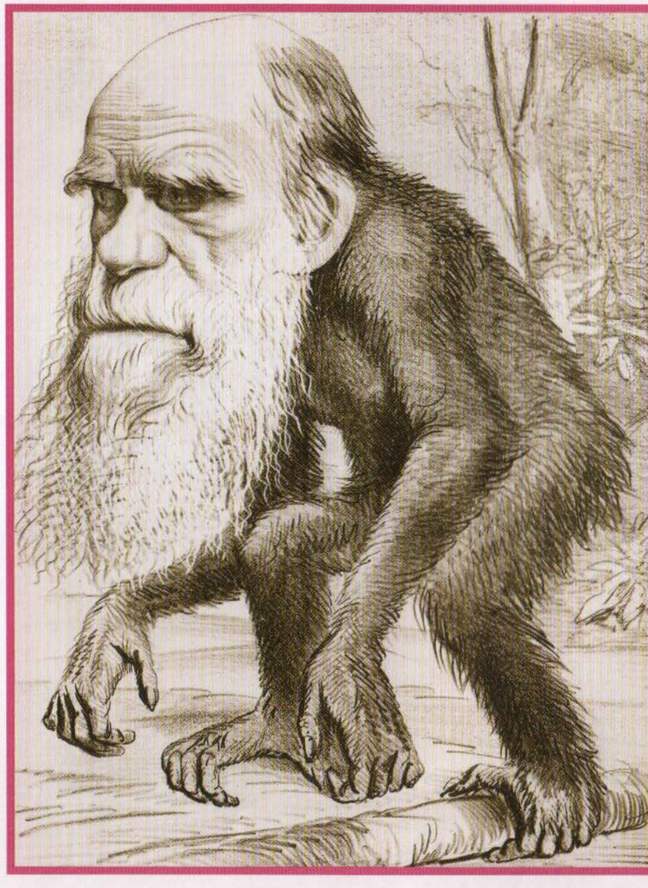
Sonuç

Doğal seçilim yoluyla evrime ilişkin bu kadar ayrıntılı, mantıklı, kanıta dayalı açıklamayla karşılaşan pek çok bilim insanı, Darwin'in "en uygun olanan hayatta kalması" kavramını hemen kabul etti. Darwin'in kitabı, küçük bir cümle, "insanın kökenine ve tarihine ışık tutulacak" cümlesi dışında, evrimle bağlantılı olarak insanlardan söz etmemeye dikkat etti. Bununla birlikte, Kiliseden itirazlar geldi ve insanların diğer hayvanlardan evrildiği iması, birçok kesimde alay konusu oldu.

Her zaman olduğu gibi ilgi odağı olmaktan sakınan Darwin, Down House'taki çalışmalarına gömülüp kaldı. Tartışmalar kızıştıkça, sayısız bilim insanı kalkıp onu savundu. Biyolog Thomas Henry Huxley teoriyi savunmada –ve insanın maymundan geldiğini öne sürmede– sözünü sakınmadı ve "Darwin'in buldoğu" olarak tanındı.

Bununla birlikte, kalıtımı gerçekleştiren mekanizma –neden ve nasıl bazı özelliklerin aktarıldığı, bazılarının aktarılmadığı konusu– bir sır olarak kaldı. Tesadüfen, Darwin kitabını yayınladığı sırada, Gregor Mendel adlı bir keşiş de Brno'da (bugünkü Çek Cumhuriyeti'nde) bezelyelerle deneyler yapıyordu. Kalıtımsal özellikler üzerine 1865'te açıklanan çalışmaları genetiğin temelini oluşturdu; ama 20. yüzyıla kadar, genetik alanında yeni keşiflerin evrim teorisiyle birleşip bir kalıtım mekanizması sunana kadar ana akım bilim tarafından göz ardı edildi. Darwin'in doğal seçilim ilkesi, süreci anlamada anahtar olmaya devam ediyor. ■

Darwin'le dalga geçen bu karikatür 1871'de, evrim teorisini insanlara uyguladığı –daha önceki eserlerinde uzak durmaya özen gösterdiği bir şey– yıl yayınlandı.



HAVA DURUMUNU ÖNGÖRMEK

ROBERT FITZROY (1805–1865)



KISACA

BİLİM DALI
Meteoroloji

ÖNCE
1643 Evangelista Torricelli hava basıncını ölçen barometreyi icat eder.

1805 Francis Beaufort, Beaugfort rüzgâr kuvveti ölçeğini geliştirir.

1847 Joseph Henry, Amerika Birleşik Devletleri'nin doğusunu batından gelen fırtınalar konusunda uyarmak için bir telgraf hattı önerir.

SONRA
1870 ABD Ordu Muhabere Teşkilatı, bütün ABD için hava durumu haritaları çıkarmaya başlar.

1917 Norveç'te Bergen Meteoroloji Okulu hava cepheleri fikrini geliştirir.

2001 Birleşik Yüzey Analiz Sistemleri güçlü bilgisayarlar kullanıp, oldukça ayrıntılı yerel hava raporları verir.

Bir buçuk yüzyıl önce hava tahminine ilişkin fikirler folklordan farksız sayılırdı. Bu durumu değiştirip modern hava durumu tahminini bize kazandıran kişi, İngiliz deniz subayı ve bilim insanı Kaptan Robert FitzRoy'du.

FitzRoy bugün daha çok, Charles Darwin'i doğal seçilim yoluyla evrim teorisine götüren yolculuğa çıkaran gemi *Beagle*'ın kaptanı olarak tanınır. Ama FitzRoy kendi çapında dikkate değer bir bilim insanıydı.

FitzRoy 1831'de Darwin'le birlikte İngiltere'den denize açılırken daha 26 yaşındaydı. Ama on yıldan fazla bir süredir denizdeydi ve Greenwich'te Kraliyet Donanma Kolejinde okumuş ve yüzbaşılık sınavını pek iyi dereceyle geçen ilk aday olmuştu. Daha önce Güney Amerika'ya yapılan bir araştırma gezisinde de Beagle'a komuta etmişti; o gezide hava durumuyla ilgili araştırmaların önemini kavradı. Patagonya açıklarında geminin barometresinde düşen basıncın uyarıcı işaretlerini önemsemeyince, şiddetli bir rüzgârda felakete uğramaktan son anda kurtulmuştu.

> Bir barometre, iki ya da üç termometre, birkaç kısa bilgi ve yalnızca aletleri değil, gökyüzün ve atmosferi de dikkatli bir gözlemle meteorolojiden yararlanılabilir
> **Robert FitzRoy**

Denizde hava tahminin öncüleri

Hava tahminlerinde ilk atılımların çoğunun deniz subaylarından gelmesi tesadüf değildi. Havanın nasıl olacağını bilmek, yelkenli gemiler zamanında can alıcıydı. İyi bir rüzgârı kaçırmanın mali sonuçları büyük olabilirdi – ve denizde bir fırtınaya yakalanmak felaket olabilirdi.

Özellikle iki deniz subayı zaten önemli katkılarda bulunmuştu. Biri, İrlandalı denizci Francis

Robert FitzRoy



1805'te İngiltere'de, Suffolk'ta aristokrat bir ailede doğan Robert FitzRoy, 12 yaşında donanmaya girdi. Göz dolduran bir kaptan olarak yıllarca denizde çalıştı. Charles Darwin'le yapılan dünya turu da dahil, Güney Amerika'ya yapılan iki büyük araştırma seferinde *Beagle*'ın kaptanlığını yaptı. Ama FitzRoy, Darwin'in evrim teorisine karşı çıkan dindar bir Hıristiyandı. Donanmada muvazzaf hizmetten ayrıldıktan sonra FitzRoy Yeni Zelanda valisi oldu; orada Maori'lere eşit davranması, yerleşimcilerin öfkesini çekti. 1848'de İngiltere'ye dönüp donanmanın ilk pervaneli gemisine komuta etti ve 1854'te kurulunca Britanya Meteorolji Dairesinin başkanlığına atandı. Bilimsel hava tahmininin temeli haline gelen yöntemleri orada geliştirdi.

Önemli eserleri

1839 *Narrative of the Voyages of the* Beagle
1860 *The Barometer Manual*
1863 *The Weather Book*

Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ George Hadley 80 ▪ Gaspard-Gustave de Coriolis 126 ▪ Charles Darwin 142–49





Beaufort'tu; denizde ve daha sonra karada tikel koşullarla bağlantılı rüzgâr hızını ya da "kuvvetini" gösteren standart bir ölçek yaratmıştı. Bu ölçek, fırtınaların şiddetinin ilk kez yöntemli bir biçimde kaydedilmesine ve karşılaştırılmasına olanak verdi. Ölçek, "hafif rüzgârı" gösteren 1'den "kasırgaya" işaret eden 12'ye kadardı. Beaufort ölçeğini ilk kez FitzRoy, *Beagle* yolculuğunda kullandı. Ondan sonra bütün donanma gemilerinin jurnallerinde standart haline geldi.

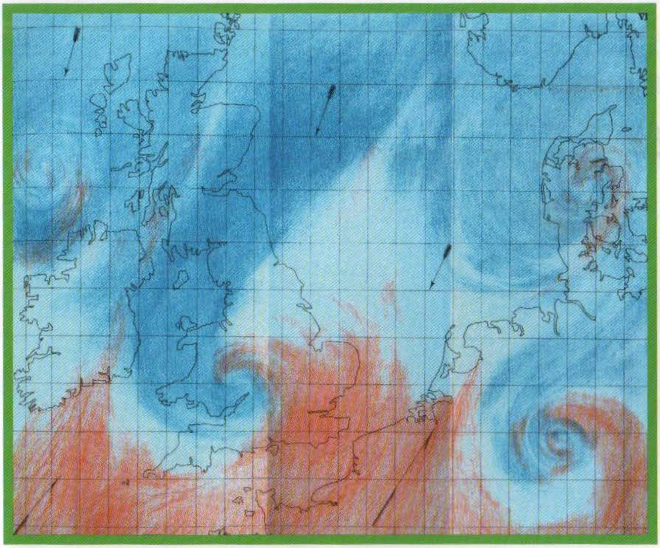
Denizde hava durumunuyla ilgili öncülerden biri de Amerikalı Matthew Maury'ydi. Kuzey Atlantik'in rüzgâr ve akıntı haritalarını çıkardı; bu haritalar, seyir zamanı ve kesinliğinde dramatik iyileşmelerle sonuçlandı. Uluslararası bir deniz ve kara, hava hizmeti yaratılmasını da savundu ve 1853'te Brüksel'de, bütün dünyada denizdeki koşullarla ilgili gözlemleri koordine etmeye başlayan bir konferansı yönetti.

FitzRoy hava raporu sistemini başlatmadan önce, kasırgalardaki siklonik örüntüleri rüzgârların oluşturduğunu ve fırtınanın yolunu öngörmek için rüzgâr yönünün kullanılabileceğini denizciler zaten gözlemlemişti.

Meteoroloji Dairesi

1854'te FitzRoy'a, Beaufort'un teşvikiyle, Meteoroloji Dairesine Britanya katkısını sunma görevi verildi. Ama kendine özgü gayreti ve içgörüsüyle FitzRoy, daha ileri gitti. Dünyanın her tarafında yapılan eşzamanlı hava gözlemleri sisteminin o zamana kadar keşfedilmemiş örüntüleri açığa çıkarmanın yanı sıra, hava tahminlerinde bulunmak için de kullanılabileceğini görmeye başladı.

Gözlemciler, örneğin tropikal kasırgalarda rüzgârların alçak hava basınçlı ya da "alçak" bir merkez alan etrafında dairesel ya da "siklonik" bir örüntüyle estiklerini zaten biliyorlardı. Orta enlemlerde



FitzRoy günlük "sinoptik" haritalarını tebeşirle renklendirirdi. 1863'te çizilen bu harita, batıdan kuzey Avrupa'ya fırtına getiren bir alçak basınç cephesini gösterir. Haritanın sağ alt tarafı bir siklon oluşumunu belirtir.

esen pek çok büyük fırtınanın bu siklonik alçak basınç şeklinde olduğu çok geçmeden anlaşıldı. Bu nedenle rüzgârın yönü, fırtınanın yaklaşmakta mı yoksa çekilmekte mi olduğuna ilişkin bir ipucu verir.

1850'lerde hava olaylarına ilişkin daha iyi kayıtlar ve uzun mesafe iletişim için yeni elektrikli telgrafın kullanılması, karada oluşan siklonik fırtınaların doğuya doğru hareket ettikleri neredeyse anında anlaşılmaktaydı. Kasırgalar (tropikal Kuzey Atlantik fırtınaları) ise denizde oluşur ve batıya doğru göç eder. Bu nedenle Kuzey Amerika'da bir fırtına iç kesimlerde bir yeri vurunca, daha doğudaki yerlere bir telgraf gönderilip bir fırtınanın yaklaşmakta olduğu uyarısında bulunulabilirdi. Gözlemciler, barometrede hava basıncında bir düşüşün yaklaşan bir fırtına uyarısı verdiğini biliyorlardı. Telgraf bu okumaları uzak mesafelere hızlı bir biçimde iletmeyi ve dolayısıyla çok önceden uyarılarda bulunmayı olanaklı kıldı.

Sinoptik hava durumu

FitzRoy hava tahmininin anahtarının geniş bir alanda belirlenmiş zamanlarda yapılan hava basıncı, sıcaklık, rüzgâr hızı ve yönüne ilişkin sistematik gözlemler olduğunu anladı. Bu gözlemler Londra'daki koordinazyon bürosuna anında telgrafla gönderildiğinde, geniş bir alanda hava durumunun bir resimini ya da "sinopsisini" çıkarabilirdi.

Bu özet hava durumunun öylesine eksiksiz bir resmini veriyordu ki, geniş bir ölçekte mevcut hava örüntülerini vermenin yanı sıra, hava örüntülerinin izlenmesini de olanaklı kılıyordu. FitzRoy, hava örüntülerinin tekrarlandığını fark etti. Buradan yola çıkarak, gelecekte hava örüntülerinin kısa bir zaman aralığında nasıl gelişebileceğini, geçmişte nasıl geliştiklerinden çıkarabilirdi. Bu, kapsanan bölge içinde her noktadaki hava durumuna ilişkin ayrıntılı bir tahminin temelini verir. Bu, modern hava tahmininin temelini oluşturan dikkate değer bir içgörüydü.

Gözlem rakamları tek başına yeterliydi; ama FitzRoy bunları kullanıp ilk modern meteorolojik haritayı, siklonik fırtınaların girdaplı şeklini bugün uydu resimlerinin gösterdiği kadar berrak gösteren "sinoptik" haritayı da yarattı. FitzRoy'un düşünceleri, "hava tahmini" sözcüğünü tanıtan ve modern hava tahmini ilkelerini ilk kez ortaya koyan kitabı *The Weather Book*'da (1863) özetlendi.

Britanya Adaları'nı hava durumu alanlarına ayırmak, mevcut hava durumlarını harmanlamak ve her alandaki geçmiş hava durumu verilerini kullanıp hava tahminlerinde bulunmak çok önemli bir adımdı. FitzRoy özellikle denizde ve Britanya Adalarının limanlarında bir gözlemci ağı oluşturdu. Sürekli hava gözlemi düşüncesinin kabul gördüğü Fransa ve İspanya'dan da

> Olası kötü hava uyarılarında bulunarak filika ihtiyacından kurtulmaya çalışıyorum.
> **Robert FitzRoy**

veri aldı. Birkaç yıl içinde gözlemci ağı o kadar verimli çalışıyordu ki, bütün Batı Avrupa'da hava durumu örüntülerinin günlük görüntüsünü alabiliyordu. Hava durumu örüntüleri o kadar berraktı ki, en azından bir sonraki gün nasıl değişebileceğini tahmin edebiliyor ve böylece ilk ulusal tahminleri çıkarabiliyordu.

Günlük hava tahminleri

Her sabah bütün Batı Avrupa'da bir sürü hava istasyonundan FitzRoy'un bürosuna hava raporları gelir ve bir saat içinde sinoptik harita çıkarılırdı. Tahminler, herkesin okuması için yayımlanmak üzere *The Times* gazetesine anında gönderilirdi. Gazetede ilk hava tahmini 1 Ağustos 1861'de yayımlandı.

FitzRoy bir fırtına yoldaysa ve yönü konusunda uyarmak için limanlarda görünür yerlere bir işaret kuleleri sistemi kurdu. Bu sistem o kadar iyi işledi ki, sayısız can ölmekten kurtuldu.

Ne var ki, kaptanlar fırtına uyarısı nedeniyle yola çıkmayı geciktirince, bazı gemi sahipleri sisteme öfkelendi. Tahminleri zamanında yayma sorunları da vardı. Gazeteleri dağıtmak 24 saati alıyordu; bu yüzden FitzRoy yalnızca bir gün sonrasının değil, iki gün sonrasının tahminlerni yapmalıydı – aksi takdirde, halk tahminleri okuduğu sırada olan olmuş olurdu. Daha uzun süreli tahminlerin çok daha az güvenilir olduğunun farkındaydı ve özellikle *The Times* yanlışlıkların sorumluluğunu üstlenmediğinde, sık sık alay konusu oldu.

FitzRoy'un mirası

Çıkar gruplarının eleştirisiyle karşılaşan ve alay konusu olan tahminler askıya alındı ve FitzRoy 1865'te intihar etti. Servetini Meteoroloji Dairesindeki araştırmalara harcadığı anlaşılınca, hükümet ailesinin zararını karşıladı. Ama birkaç yıl içinde denizcilerden gelen baskılar, fırtına uyarı sisteminin tekrar yaygın kullanıma sokulmasını sağladı. Bugün ayrıntılı hava tahminlerini ve fırtına uyarılarını almak, her denizci gününün ayrılmaz bir parçasıdır.

İletişim teknolojisi iyileştikçe ve gözlem verilerine daha fazla ayrıntı ekledikçe, FitzRoy'un sisteminin değeri, 20. yüzyılda layıkını buldu.

Modern hava tahmini

Bugün sayısız uyduya, uçağa ve gemiye ek olarak 11.000'den fazla meteoroloji istasyonu dünyayı süslemektedir – hepsi, küresel bir meteorolojik veri bankasını sürekli bilgiyle beslemektedir. Güçlü süper bilgisayarlar, en azından kısa süreler için oldukça doğru tahminler üretir ve uçak yolculuğundan spor etkinliklerine kadar bir dizi faaliyet bu tahminlere güvenir. ■

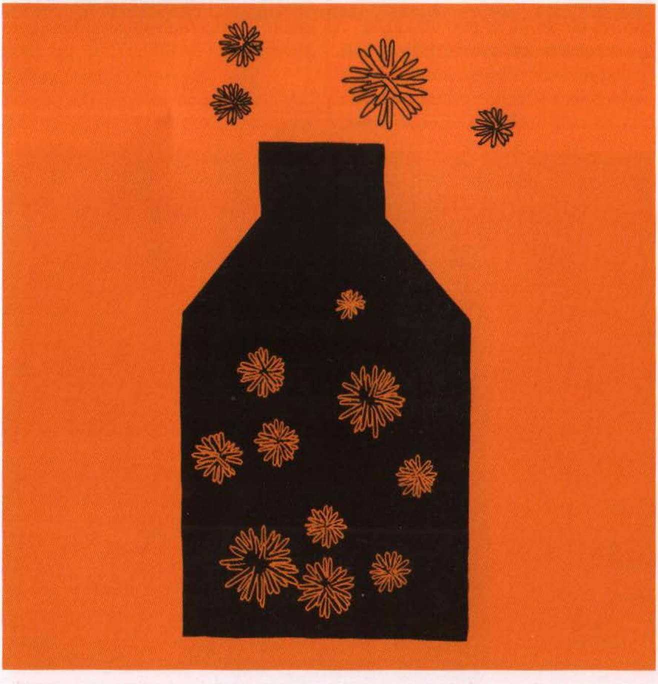
> İrlanda [ve diğer alanların] telgraflarını harmanlayıp hakkıyla değerlendirdikten sonra, o bölge için ilk tahmin çıkarılır… ve hemen yayımlanmaya gönderilir.
> **Robert FitzRoy**



Bu hava istasyonu Ukrayna'nın ücra dağlarında kurulurudr; sıcaklık, nem ve rüzgâr hızıyla ilgili verileri uydu aracılığıyla süper bilgisayarlara gönderir.

OMNE VIVUM EX VIVO – HER CANLI CANLIDAN GELİR

LOUIS PASTEUR (1822–1895)



KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1668 Francesco Redi, kurtçukların kendiliğinden değil, sineklerden türediğini gösterir.

1745 John Needham mikropları öldürmek için etsuyunu kaynatır ve yeniden büyüdüklerinde kendiliğinden ürediklerine inanır.

1768 Lazzaro Spallanzani, havası alınınca kaynamış et suyunda mikropların büyümediğini gösterir.

SONRA
1881 Robert Koch hastalığa neden olan mikropları yalıtır.

1953 Stanley Miller ve Harold Urey, yaşamın kökenindeki koşulları canlandıran bir deneyde aminoasit –yaşamın temeli– yaratır.

Modern biyolojiye göre, canlılar yalnızca diğer canlılardan bir üreme süreciyle türeyebilir. Bugün bu görüş tartışma götürmez gibi görünebilir; ama biyolojinin temel ilkelerinin bebeklik evresinde olduğu dönemde, birçok bilim insanı "abiyogenez" denilen bir fikre –yaşamın kendiliğinden üreyebildiği düşüncesine– bağlıydı. Aristoteles'in çürüyen maddeden canlı organizma çıkabildiğini iddia etmesinden uzun süre sonra, bazıları cansız nesnelerden yaratık yapmayı amaçlayan yöntemlere bile inandı. Örneğin 17. yüzyılda Felemenkli hekim Jan Babtista von Helmont, açık havada bir kavanoza

Ayrıca bkz. Robert Hooke 54 ▪ Antonie van Leeuwenhoek 56–57 ▪ Thomas Henry Huxley 172–73 ▪ Harold Urey and Stanley Miller 274–75

Birçok **canlı organizma mikroskopiktir** ve etrafımızdaki havada asılıdır.
→
Bu mikroplardan **bazıları yiyeceklerin bozulmasına** ya da **bulaşıcı hastalıklara** neden olur.
→
Mikropların bulaşması ya da üremesi önlenirse, bozulma ve bulaşma gerçekleşmez.
→
Mikroplar kendiliğinden üremeyle doğmaz. Her canlı canlıdan gelir.

bırakılan birkaç buğday tanesi ile terli iç çamaşırından yetişkin fare çıkacağını yazdı. 19. yüzyıla kadar kendiliğinden üremeyi savunanlar vardı. Ne var ki, 1859'da Louis Pasteur adlı Fransız bir mikrobiyolog, bunu çürüten zekice bir deney tasarladı. Araştırmalarının seyri içinde, bulaşıcı hastalıklara canlı mikropların neden olduğunu da kanıtladı.

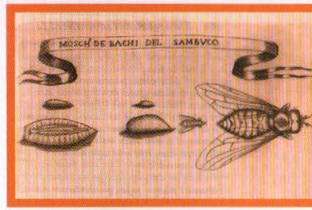
Pasteur'den önce, hastalık ya da bozulma ile organizmalar arasındaki bağdan kuşkulanılmıştı, ama kanıtlanmamıştı. Mikroskoplar aksini kanıtlayana kadar, çıplak gözle görülemeyen küçük canlı kendilikler diye bir şeyin varlığı fikri, hayal ürünü gibi görünüyordu. 1546'da İtalyan hekim Girolamo Fracastoro "bulaşmanın tohumları"nı tarif etti ve işin doğrusuna yaklaştı. Ama canlı, üreyebilir şeyler olduklarını açıkca ifade edemedi ve teorisinin fazla etkisi olmadı. Onun yerine insanlar, çürüyen maddeden gelen "miazma"nın –ya da zararlı havanın– bulaşıcı hastalıklara neden olduğuna inandılar. Mikropların doğasına ilişkin açık bir düşünce olmadan, enfeksiyonun aktarılması ile yaşamın yayılmasının aslında aynı paranın iki tarafı olduğunu kimse bilemezdi.

> Deney alanında, şans yalnızca hazırlıklı zihne yardımcı olur.
> **Louis Pasteur**

İlk bilimsel gözlemler

17. yüzyılda bilim insanları, üremeyi inceleyerek büyük yaratıkların kökenini bulmaya çalıştı. 1661'de İngiliz hekim William Harvey (kan dolaşımını bulmasıyla ünlüdür) bir ceninin kökenini keşfetme çabasıyla gebe bir geyiği diseke etti ve *"omne vivum ex ovo"* –her canlı yumurtadan gelir– ilan etti. Söz konusu geyiğin yumurtasını bulamadı; ama en azından olacakları ima etmekteydi.

Kendiliğinden üremenin olanaksızlığının –en azından insan gözünün görebildiği yaratıklar söz konusu olduğu sürece– deneysel kanıtları sunan ilk kişi, İtalyan hekim Francesco Redi'di. 1668'de etin kurtlanma sürecini inceledi. Bir parça eti parşömenle kapladı, bir parçayı da açıkta bıraktı. Yalnızca açıktaki et kurtlandı; çünkü oraya sinekler konmuş ve yumurtalarını bırakmıştı. Redi deneyi tülbentle – etin kokusunu emen ve sinekleri çeken– tekrarladı ve tülbentten alınan sinek yumurtalarının, temiz eti kurtçuklarla "tohumlamak" için kullanılabildiğini gösterdi. Redi, kurtçukların kendiliğinden değil, ancak sineklerden doğabileceklerini öne sürdü. Ne var ki, Redi'nin deneyimin önemi anlaşılmadı ve Redi'nin kendisi bile abiyogenezi



Francesco Redi'nin bu çizimi kurtçukların sineklere dönüşümünü gösterir. Çalışması, sineklerin kurtçuklardan, kurtçukların da sineklerden çıktığını gösterdi.

tam olarak reddetmedi, belli koşullarda gerçekleştiğine inandı.

Mikroskopu ilk yapan ve ayrıntılı bilimsel inceleme için kullananlar arasında Felemenkli bilim insanı Antonie van Leeuwenhoek, bazı canlıların çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olduklarını ve büyük yaratıkların üremesinin, sperm gibi küçük mikroskobik canlılara bağlı olduğunu gösterdi.

Yine de, abiyogenez düşüncesi bilim insanlarının kafasına o kadar derin yerleşmişti ki, birçoğu bu mikroskobik organizmaların üreme organına sahip olamayacak kadar küçük olduklarını ve bu nedenle kendiliğinden doğmaları gerektiğini düşünmeye devam etti. 1745'te İngiliz doğa bilimci John Needham bunu kanıtlamaya koyuldu. Isının mikropları öldürebildiğini biliyordu; bu yüzden bir miktar et suyunu bir deney tüpünde kaynattı –böylece mikroplarını öldürdü– ve ardından soğumaya bıraktı. Et suyunu bir süre gözlemledikten sonra, mikropların geri geldiğini gördü. Mikroptan arındırılmış et suyundan kendiliğinden doğdukları

> Abiyogenez diye bir şeyin geçmişte hiç gerçekleşmediğini ve gelecekte de hiç gerçekleşmeyeceğini göstermek niyetindeyim.
> **Thomas Henry Huxley**

sonucuna vardı. Yirmi yıl sonra İtalyan fizyolog Lazzaro Spallanzani, Needham'ın deneyini tekrarladı; ama deney tüpünün havası boşaltılırsa, mikropların tekrar büyümediğini gösterdi. Spallanzani et suyunu havanın "tohumladığını" düşündü; ama onu eleştirenler, havanın yeni mikrop kuşağı için "yaşamsal güç" olduğunu öne sürdüler.

Modern biyoloji bağlamında bakıldığında, Needham'ın ve Spallanzani'nin deneylerinin sonuçları kolayca açıklanabilir. Isı pek çok mikrobu gerçekten de öldürmesine rağmen, örneğin bazı bakteriler uykuda, ısıya dirençli sporlara dönüşürek hayatta kalabilir. Pek çok mikrop, pek çok yaşam gibi, besininden enerji almak için havadaki oksijene ihtiyaç duyar. Ne var ki, en önemlisi, bu tür deneyler her zaman bulaşıma açıktı –havada dolaşan mikroplar bir büyüme aracını, kısa bir süre atmosfere maruz kalsa bile kolayca kolonileştirebilir. Bu yüzden, aslında bu deneylerden hiçbiri abiyogenez sorununu şu ya da bu şekilde sonuç alıcı bir biçimde ele almamıştı.

Yüzyıl sonra mikroskoplar ve mikrobiyoloji, sorunu halletmeye yetecek kadar ilerlemişti. Louis Pasteur'ün deneyi havada asılı, maruz kalan her yüzeye bulaşmaya hazır duran mikropların varlığını gösterdi. Önce havayı pamukla filtreledi. Sonra kirlenmiş pamuk filtreleri analiz etti ve filtreye takılan tozları bir mikroskopla inceledi. Yiyeceklerin bozulmasıyla ve çürümesiyle bağlantılı mikroplarla kaynadığını gördü. Adeta mikroplar havadan düşünce hastalığa neden oluyorlardı. Bu,



Pasteur'ün kuğu boynu deneyi, mikroptan arındırılmış bir et suyunun, havadan tekrar içine düşmeleri önlendiği sürece mikroorganizmasız kalacağını kanıtladı.

Pasteur'ün bir sonraki adımda başarılı olmak için ihtiyaç duyduğu hassas bilgiydi; o adımda Fransız Bilimler Akademisinin bir meydan okumasını kabullenip, kendiliğinden üreme düşüncesini çürüttü.

Bu deney için Pasteur besin bakımından zengin et suyunu kaynattı –yüzyıl önce Needham ve Spallanzani'nin yaptığı gibi– ama bu kez deney tüpünde önemli bir değişiklik yaptı. Deney tüpünü ısıtıp yumuşattı, sonra aşağı yukarı bükerek bir kuğu boynu şekline soktu. Düzenek soğuyunca, sıcaklık mikropların büyümesine uygun olmasına ve tüp dış havayla bağlantılı olduğu için bol oksijen bulunmasına rağmen, tüpün bir kısmı aşağı doğru kıvrılı olduğu için mikroplar et suyunun üzerine düşmüyordu. Mikropların tüpte tekrar büyüyebilmelerinin tek yolu, kendiliğinden üremeydi –ve bu gerçekleşmedi.

Pasteur, mikropların et suyuna havadan bulaştıklarının son bir kanıtı olarak, deneyi tekrarladı; ama bu kez koyun boyunlu tüpü kopardı. Et suyu enfekte oldu: Kendiliğinden üremeyi sonunda çürütmüş ve her canlının canlıdan geldiğini göstermişti. Kirli bir kavanozdan fare çıkmadığı gibi, et suyu dolu bir deney tüpünden de kendiliğinden mikrop çıkmadığı açıktı.

Abiyogenez geri dönüyor

1870'te İngiliz biyolog Thomas Henry Huxley, "biyogenez ve abiyogenez" başlıklı bir seminerde Pasteur'ün çalışmasını savundu. Bu, kendiliğinden üremenin son savunucularına ezici bir darbe oldu ve hücre teorisi, biyokimya ve genetik disiplinlerine dayanan yeni bir biyolojinin doğumuna işaret etti. 1880'lere gelindiğinde Alman hekim Robert Koch, şarbon hastalığının bulaşıcı bir bakteri tarafından bulaştırıldığını göstermişti.

Yine de, Huxley'in konuşmasından yaklaşık bir yüzyıl sonra yeni bir bilim insanı kuşağı Yeryüzünden ilk yaşamın kökeniyle ilgili sorular sorunca, abiyogenez zihinleri yeniden meşgul etmeye başlayacaktı. 1953'te Amerikalı kimyacılar Stanley Miller ve Harold Urey, Yeryüzünde yaşamın şafağındaki atmosfer koşullarını canlandırmak için su, amonyak, metan ve hidrojenden oluşan bir karışıma elektrik kıvılcımları gönderdi. Bir haftada aminoasitleri –proteinlerin yapı taşları ve canlı hücrelerin temel kimyasal bileşenleri– yarattılar. Miller ve Urey'in deneyi, cansız maddeden canlı organizma çıkabildiğini göstermeyi amaçlayan çalışmaların patlamasına neden oldu; ama bu kez bilim insanları, biyokimya aletleriyle ve milyarlarca yıl önce gerçekleşen süreçlerin bilgisiyle donanımlıydı. ■

> Yalnızca olguları gözlemlerim; yaşamın kendisini gösterdiği bilimsel koşullar dışında bir şey aramam.
> **Louis Pasteur**



Louis Pasteur

1822'de yoksul bir Fransız ailede doğan Louis Pasteur o kadar büyük bir şahsiyet oldu ki, ölünce resmi devlet töreniyle gömüldü. Kimya ve tıp eğitimi aldıktan sonra, Strasbourg ve Lille üniversitelerinde akademik görevler üstlendi.

İlk araştırmaları kimyasal kristallerle ilgiliydi; ama mikrobiyoloji alanından daha iyi tanınır. Pasteur mikropların şarabı sirkeye dönüştürdüğünü ve sütü ekşittiğini gösterdi ve mikropları öldüren bir ısıl işlem süreci –pastörizasyon olarak bilinen– geliştirdi. Mikroplarla ilgili çalışmaları, modern jerm teorisinin gelişmesine yardımcı oldu: Bazı mikropların bulaşıcı hastalıklara neden olduğu düşüncesi. Daha sonra birçok aşı geliştirdi ve mikrobiyoloji araştırmalarına adanmış ve bugüne kadar varlığını sürdüren Pasteur Enstitüsünü kurdu.

Önemli eserleri

1866 *Studies on Wine*
1868 *Studies on Vinegar*
1878 *Microbes: Their Roles in Fermentation, Putrefaction, and Contagion*

KENDİ KUYRUĞUNU YAKALAYAN YILANLARDAN BİRİ

AUGUST KEKULÉ (1829–1896)



KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1852 Edward Frankland, valans –bir atomun diğer atomlarla oluşturduğu bağ sayısı– düşüncesini tanıtır.

1858 Archibald Couper, karbon atomlarının birbirleriyle doğrudan bağ kurup zincir oluşturabildiklerini ortaya koyar.

SONRA
1858 İtalyan kimyacı Stanislao Cannizzaro atomlar ile moleküller arasındaki farkı açıklar, atom ve molekül ağırlıklarını yayımlar.

1869 Dimitri Mendeleyev periyodik tabloyu çıkarır.

1931 Linus Pauling kuantum mekaniği düşüncelerini kullanarak genel olarak kimyasal bağın ve özel olarak benzen molekülünün yapısını açığa kavuşturur.

19. yüzyılın ilk yılları, kimyada maddeye bilimsel bakışı kökten değiştiren büyük gelişmelere tanık oldu. 1803'te John Dalton her elementin, o elemente özgü atomlardan oluştuğunu öne sürdü ve atom ağırlığı kavramını kullanarak, elementlerin birbirleriyle her zaman tam sayılı oranlarda nasıl birleştiklerini açıkladı. Jöns Jakob Berzelius bu 2000 bileşiği inceleyip bu oranları araştırdı. Bugün kullandığımız adlandırma sistemini –hidrojen için H, karbon için C vd – icat etti ve o zaman bilinen 40 elementin atom ağırlıklarının bir listesini hazırladı. Canlı organizmaların kimyası için "organik kimya" terimini –bu terim daha sonra karbon kimyası anlamına gelecekti– icat etti. 1809'da Fransız kimyacı Joseph Louis Gay-Lussac gazların basit oranlarda nasıl birleştiklerini açıkladı ve iki yıl sonra İtalyan Amedeo Avogadro eşit hacimli gazların eşit sayıda molekül içerdiğini öne sürdü. Elementlerin bileşimini düzenleyen katı kurallar bulunduğu açıktı. Atomlar ve moleküller esas olarak kimsenin doğrudan görmediği teorik kavramlar olarak kaldı; ama açıklayıcılıkları giderek artan kavramlardı.

> Gecenin bir kısmını bu düşüncelerin hiç olmazsa taslaklarını kâğıda geçirmekle geçirdim. Yapısal teori bu şekilde var oldu.
> **Friedrich August Kekulé**

Valans

1852'de atomların birbirlerine nasıl bağlandığını anlamaya yönelik ilk adımı, valans –bir elementin her atomunun bağlanabileceği atom sayısı– düşüncesini tanıtan İngiliz kimyacı Edward Frankland attı. Hidrojenin bir valansı vardır, oksijenin iki. Sonra 1858'de Britanyalı kimyacı Archibald Couper, kendi kendine bağlanan karbon atomları arasında bağlar

Her elementin **atomları diğer atomlarla** belirli sayıda yolla **birleşebilir.** Buna **valans** denilir.

Karbon atomlarının dörtlü bir valansı vardır.

Benzen moleküllerinde, **karbon atomları** birbirine bağlanıp **halkalar oluşturur,** hidrojen atomarı onlara bağlanır.

Bu yapı Kekulé'ye kendi kuyruğunu yakalayan bir yılan gibi görünür.

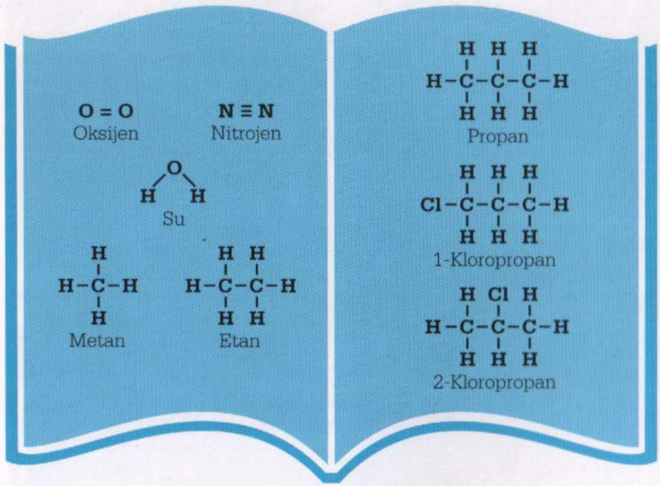
Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ Joseph Black 76–77 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ Antoine Lavoisier 84 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Humphry Davy 114 ▪ Linus Pauling 254–59 ▪ Harry Kroto 320–21

oluştuğunu ve moleküllerin birbirine bağlanan atom zinciri olduklarını gösterdi. Dolayısıyla, iki parça hidrojen ile bir parça oksijenden oluştuğu bilinen su, H_2O ya da H–O–H (burada "–" bir bağı gösterir) olarak ifade edilebilir. Karbonun dört valansı vardır, yani dört değerliklidir; bu yüzden bir karbon atomu, metanda (CH_4) olduğu gibi, dört bağ oluşturabilir; metanda hidrojen atomları karbonun etrafında dört yüzlü biçimde dizilir. (Bugün kimyacılar bir bağın, iki atomun paylaştığı elektron çiftini temsil ettiğini; H, O ve C simgelerinin uygun atomun merkez kısmını temsil ettiğini düşünür.)

Couper o sırada Paris'te bir laboratuvarda çalışıyordu. Bu arada Almanya'da, Heidelberg'de August Kekulé aynı düşünceyi öne sürüp, 1857'de karbonun dört valanslı olduğunu ve 1858'de karbon atomlarının birbirine bağlanabildiğini ilan etmişti. Couper'ın tebliğinin yayımlanması gecikmişti; dolayısıyla Kekulé kendi tebliğini ondan bir ay önce yayımladı ve kendi kendine bağlanan karbon atomları düşüncesinde öncelik onun oldu. Kekulé atomların arasındaki bağlara "ilginlik" (affinity) dedi ve 1859'da çıkan popüler kitabı *Textbook of Organic Chemistry*'de düşüncelerini daha ayrıntılı bir biçimde açıkladı.

Karbon bileşikleri

Kimyasal tepkimelerden elde edilen kanıtlara dayalı teorik modeller çıkaran Kekulé, dört valanslı karbon atomlarının birbirine bağlanıp, başka valanslı başka atomların (hidrojen, oksijen ve klor gibi) bağlanabildiği bir "karbon iskeleti" oluşturduğunu ilan etti. Aniden organik kimya anlam kazanmaya başladı ve kimyacılar, her tür moleküle yapısal formül tahsis etti.



Kekulé valans kavramını kullanarak, atomlar arasında oluşup molekülleri meydana getiren bağları tarif etti. Burada her bağ bir çizgiyle ifade edilir.

Metan (CH_4), etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gibi basit hidrokarbonlar artık karbon atomları zinciri olarak görülüyordu; bu zincirde boş valansları hidrojien atomları doldurmaktaydı. Böyle bir bileşiğin, sözün gelişi klorla (Cl_2) tepkimesi, bir ya da daha fazla hidrojen atomunun yerini klor atomunun aldığı bileşikler – klorometan ya da kloroetan gibi bileşikler– meydana getiriyordu. Bu yer değiştirmenin bir özelliği, klorun orta karbon atomuna mı yoksa uçtaki karbon atomlarından birine mi bağlandığına bağlı olarak kloropropanın iki farklı biçimde, 1-kloropropan ya da 2-kloropropan şeklinde olmasıyda (bkz. yukarıdaki şema). Bazı bileşiklerin, atom valanslarını doyurmak için çift bağa ihtiyacı vardır: örneğin oksijen molekülü (O_2) ve etilen molekülü (C_2H_4). Etilen klorla tepkimeye girer ve sonuç, yer değiştirme değil, katılma olur. Klor çift bağa eklenip 1,2 dikloroetan ($C_2H_4Cl_2$) meydana getirir. Oldukça tepkin olan ve oksiasetilen kaynak hamlacında kullanılan asetilen (C_2H_2) ve nitrojen molekülü (N_2) de dahil, bazı bileşiklerin üçlü bağı bile vardır.

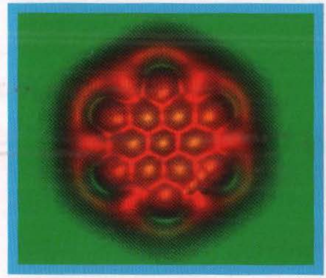
Ama benzen bir bilmece olarak kaldı. Formülünün C_6H_6 olduğu anlaşıldı; ama asetilenle eşit sayıda karbon ve hidrojen atomlarına sahip olmasına rağmen, asetilenden çok daha az tepkindir. Yüksek tepkinli olmayan doğrusal bir yapı geliştirmek, gerçek bir muammaydı. Açıkçası çift bağ olmalıydı, ama nasıl dizildikleri bir sırdı.

Dahası, benzen klorla katılarak (etilen gibi) değil, yer değiştirerek tepkimeye girer: Bir klor atomu bir hidrojen atomunun yerini alır. Benzenin hidrojen atomlarından birinin yerini bir klor atomu alınca, sonuç yalnızca tek bileşik olur: C_6H_5Cl, klorobenzen. Öyle görünüyordu ki, klor atomu herhangi bir karbon atomuna bağlandığına göre bütün karbon atomları eşdeğerdi.

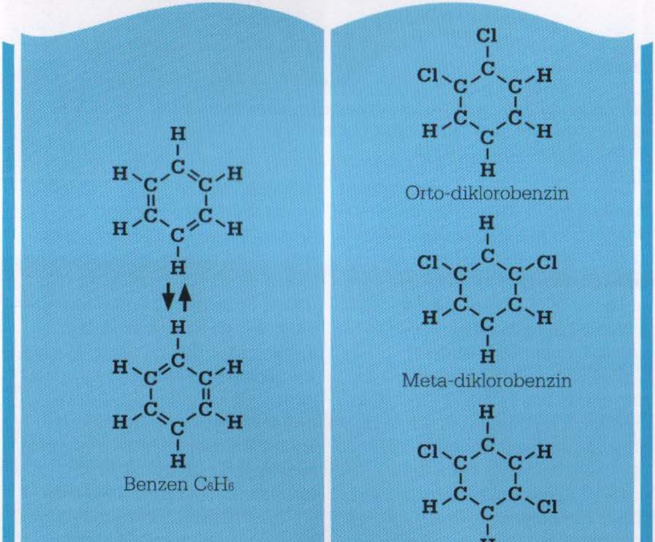
Benzen halkaları

Benzenin yapısına ilişkin bilmecenin çözümü, 1865'te bir rüyada Kekulé'ye malum oldu. Çözüm, karbon atomlarının oluşturduğu bir halkaydı; her birine bir hidrojen atomunun bağlandığı altı atomun hepsinin eşit olduğu bir halka. Yani klorobenzende klor, halkanın etrafında herhangi bir yere bağlanabilirdi.

Bu teoriye bir destek de, klorun hidrojenin yerini iki kez alıp diklorobenzeni ($C_6H_4Cl_2$) meydana getirmesiyle geldi. Eğer benzen, bütün karbon atomları eşit altı üyeli bir halkaysa, bu bileşiğin üç ayrı biçimi ya da "izomeri" olmalıdır – iki klor atomu bitişik karbon atomları üzerinde, başka bir karbonla ayrılmış karbon atomları üzerinde ya da halkanın karşıt uçlarında olabilirdi. İşin böyle



Bir hexabenzocoronene molekülünün bu görüntüsü, bir atomsal kuvvet mikroskopu kullanılarak elde edildi. Çapı 1,4 nanometredir ve farklı uzunlukta karbon-karbon bağlarını gösterir.



Kekulé bir benzen halkasında karbon atomları arasında çift ve tek bağların almaşık olduğunu ortaya koydu (solda). İki klor atomu iki hidrojen atomunun yerini üç farklı şekilde alabilir (sağda).

olduğu anlaşıldı ve üç izomere sırasıyla orto-, meta- ve para-diklorobenzen adı verildi.

Simetri kurmak

Benzen halkasının gözlemlenen simetrisi konusunda hâlâ çözülmemiş bir sır vardı. Her karbon atomu dört valansını doyurmak için, diğer atomlarla dört bağı olmalıdır. Yani, hepsinin "yedek" bir bağı vardı. Kekulé ilk önce, halkanın etrafındaki almaşık tek ve çift bağları çizdi; ama halkanın simetrik olması gerektiği anlaşılınca, molekülün iki yapı arasında kararsız kaldığını öne sürdü.

Elektron 1896'ya kadar keşfedilmedi. Bağların elektron paylaşımıyla oluştuğu düşüncesini, Amerikalı kimyacı G. N. Wilson 1916'da önerdi. 1930'larda Linus Pauling kuantum mekaniğini kullanarak, benzen halkasındaki altı yedek elektronun çift bağlara yerleşmediğini, halkanın etrafına yayıldığını ve karbon atomları arasında eşit paylaşıldığını, bu nedenle karbon-karbon bağların tek ya da çift değil, 1,5 olduğunu açıkladı (*bkz.* s. 254-59). Benzen

Kekulé benzen halkaları teorisini formüle ettiği anı rüya benzeri bir görüm olarak tarif etti; burada bir ejderha olarak tasvir edilen eski ouroboros simgesinde olduğu gibi kendi kuyruğunu ısıran bir yılan gördü.



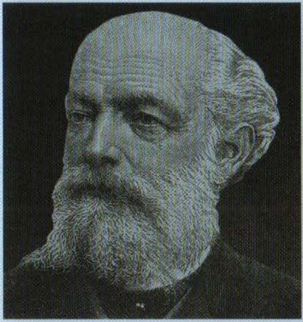
molekülünün yapısına ilişkin bilmeceyi çözmek için fiziğin bu yeni düşüncelerine ihtiyaç vardı.

Esin rüyası

Kekulé'nin rüyasını anlatımı, esin kıvılcımına ilişkin en çok anılan kişisel anlatımdır. Anlaşılan hipnogojik bir durumdaydı – uykuya dalmanın eşiğinde: Bu durumda gerçekler ile imgelem iç içe geçer. Bunu *Halbschlaf*, yani yarı-uyku olarak tarif etti. Aslında bu türden iki ayakta uyumayı tarif eder: İlki, olasılıkla 1855'te Güney Londra'da Clapham Road'a doğru giden bir otobüsün tepesinde. "Atomlar gözlerimin önünde kıpırdıyorlardı. Bu küçük parçacıkları hareket halinde hep görmüştüm, ama hareket tarzlarını anlamayı başaramamıştım. Bugün iki küçük atomun ne kadar sık kaynaşıp bir çift oluşturduğunu, büyüklerin küçükleri nasıl yuttuğunu ve daha büyüklerin üç, hatta dört küçük atomu bağladığını gördüm."

İkinci olay Belçika'da, Ghent'teki çalışma odasında gerçekleşti; olasılıkla kendi kuyruğunu ısıran yılan simgesinden esinlendi: "Benzen halkası teorisinde de aynı şey oldu... Sandalyeyi şömineye çevirdim ve baygın bir durumdaydım... atomlar gözlerimin önünde kıpırdıyordu... Uzun sıralar, çoğu zaman daha yoğun bağlantılı; her şey hareket halinde, yılan gibi kıvrılıyor ve dönüyor. O da ne? Yılanlardan biri kendi kuyruğunu yakaladı ve bu görüntü gözlerimin önünde alay edercesine dönüp durdu." ■

August Kekulé



Kendisine August diyen Friedrich August Kekulé, şimdi Almanya'nın Hesse eyaletinde bulunan Darmstadt'ta 7 Eylül 1829'da doğdu. Giessen Üniversitesindeyken mimarlık okumayı bırakıp, Justus von Liebig'in derslerini dinledikten sonra kimyaya yöneldi. Sonunda Bonn Üniversitesinde kimya profesörü oldu.

1857'de ve ertesi yıl Kekulé, karbonun dört valansı, basit organik moleküllerde bağlanma ve benzenin yapısı üzerine bir dizi yazı yayımladı; bu yayınlar onu, moleküler yapı teorisinin baş mimarı yaptı. 1895'te Kaiser II. Wilhelm tarafından soyluluk unvanı verildi ve August Kekulé von Stradonitz oldu. Kimya dalında ilk beş Nobel ödülünün üçünü onun öğrencileri aldı.

Önemli eserleri

1859 *Textbook of Organic Chemistry*
1887 *The Chemistry of Benzene Derivatives or Aromatic Substances*

KESİNLİKLE AÇIĞA ÇIKAN ORTALAMA BİRE ÜÇ ORANI

GREGOR MENDEL (1822–1884)



KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1760 Alman botanikçi Josef Kölreuter tütün bitkisini çoğaltma deneylerini tasvir eder, ama sonuçları doğru bir biçimde açıklayamaz.

1842 İsviçreli botanikçi Carl von Nägeli hücre bölünmesini araştırır ve daha sonra kromozom olarak tanımlanan iplik-benzeri cisimleri tasvir eder.

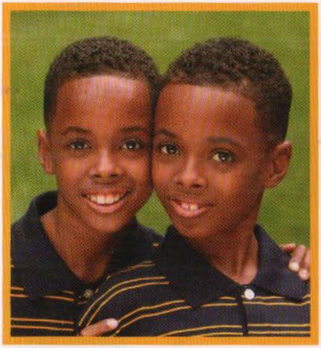
1859 Chares Darwin doğal seçilim yoluyla evrim teorisini yayıMlar.

SONRA
1900 Botanikçi Hugo de Vries, Carl Correns ve William Bateson, Menden'in yasaların eş zamanlı olarak "yeniden keşfeder."

1910 Thomas Hunt Morgan, Mendel yasalarını destekler ve kalıtımın kromozom temelini doğrular.

Bilimsel bilginin tarihinde en büyük doğal gizemlerden biri kalıtım mekanizmasıydı. Kalıtım olgusu, aile üyelerinin belirgin bir biçimde benzer oldukları fark edildiğinden beri bilinmekteydi. Pratik içerimleri her yerdeydi – tarımda ürün ve hayvan yeteştiriciliğinden hemofoli gibi bazı hastalıkların çocuklara geçebildiğini ilişkin bilgiye kadar.

Yunan filozoflar, ebeveynden yavruya geçen bir tür özün ya da maddi "ilke"nin var olduğunu düşündüler. Ebeveynler ilkeyi cinsel ilişki sırasında bir sonraki kuşağa aktarıyordu; kandan kaynaklandığı, babalık ve annelik ilkelerinin harmanlanıp yeni bir kişi meydana getirdiği sanılıyordu. Bu düşünce yüzyıllarca varlığını sürdürdü – esas olarak kimse daha iyi bir düşünceyle ortaya çıkmadığı için; ama Charles Darwin'e gelip dayanınca, temel zayıflığı apaçık ortaya çıktı. Darwin'in doğal seçilim yoluyla evrim teorisi türlerin kuşaklar boyunca değiştiğini –bunu yaparken biyolojik çeşitliliğe neden olduğunu– öne sürdü. Eğer kalıtım kimyasal ilkelerin harmanlanmasına dayanıyorsa,



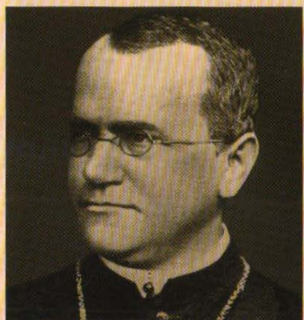
Kalıtsal özellikler Mendel'den önce binlerce yıl gözlemlenmişti; ama tek yumurta ikizliği gibi olguları üreten biyolojik mekanizma bilinmiyordu.

biyolojik çeşitlilik kesinlikle seyrelirdi. Farklı renkte boyaları karıştırmaya benzerdi ve griyle sonuçlanırdı. Darwin'in teorisinin dayandığı uyarlanmalar ve yenilikler varlığını sürdürmezdi.

Mendel'in keşfi

Kalıtımı anlamada atılım, DNA'nın kimyasal yapısı saptanmadan yaklaşık bir yüzyıl önce –ve Darwin *Türlerin Kökeni*'ni yayımladıktan

Gregor Mendel



1822'de Avusturya İmparatorluğu'nda Silezya'da doğan Gregor Mendel'in asıl adı Johan Mendel'di; eğitimini daha da ilerletmenin bir yolu olarak rahipliğe girmeden önce matematik ve felsefe eğitimi aldı – adını Gregor yapıp Augustinusçu bir keşiş oldu. Eğitimini Viyana Üniversitesinde tamamladı ve dönüp Brno'daki (şimdi Çek Cumhuriyeti'nde) manastırda ders verdi. Burada Mendel kalıtıma ilgi duydu – ve çeşitli zamanlarda fareleri, arıları ve bezelyeleri inceledi. Piskoposun baskısıyla hayvanlar üzerinde çalışmayı bıraktı ve bezelye dölleyip yetiştirmeye yoğunlaştı. Bu çalışma kalıtım yasalarını tasarlamasına ve kalıtsal özelliklerin daha sonra gen denilen farklı parçacıklar tarafından kontol edildiği düşüncesini geliştirmesine yol açtı. 1868'de manastır başrahibi oldu ve bilimsel çalışmalarını bıraktı. Ölünce, bilimsel yazıları ardılı tarafından yakıldı.

Önemli eserleri

1866 *Experiments in Plant Hybrizidation*

Ayrıca bkz. Jean-Baptiste Lamarck 118 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Michael Syvanen 318–19 ▪ William French Anderson 322–23

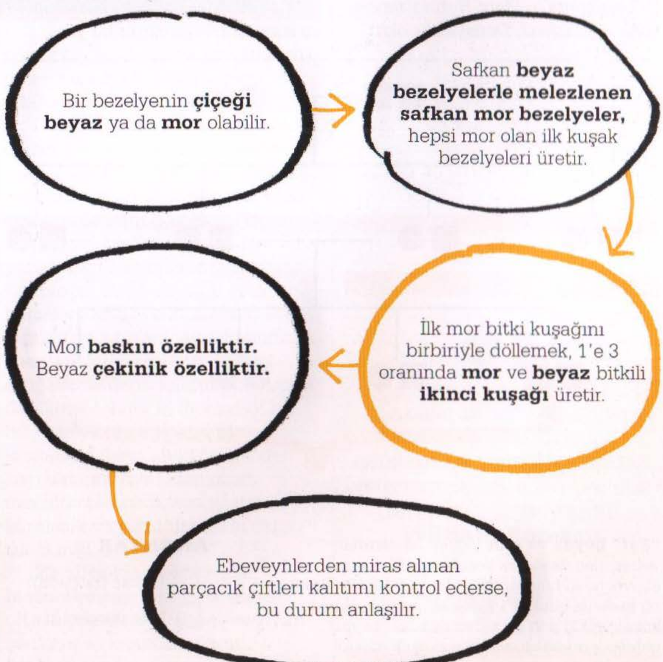
on yıldan az bir süre sonra– gerçekleşti. Brno'da Augustinusçu bir keşiş olan Gregor Mendel, daha ünlü birçok doğa bilimcinin başarısız olduğu yerde başarılı olan bir öğretmen, bilim insanı ve matematikçiydi. Farkı yaratan, herhalde, Mendel'in matematikteki ve olasılık teorisindeki becerisiydi.

Mendel bezelyeyle *(Pisum sativum)* deneyler yaptı. Bu bitki boy, çiçek rengi, tohum rengi ve tohum şekli gibi tanımlanabilir birçok bakımdan çeşitlilik gösterir. Bir seferde bir özelliğin kalıtımına bakmaya başladı ve sonuçlara matematik bilgisini uyguladı. Manastır arazisinde kolayca ekilen bezelye bitkileri yetiştirerek, bir dizi deney yapıp önemli veriler elde edebildi.

Mendel, çalışırken hassas önlemler aldı. Özelliklerin kuşaklar içinde atlayabildiğini ve gizlenebildiğini bildiği için, "saf" soy bezelye bitkileriyle –yalnızca beyaz çiçekli yavru veren beyaz çiçekli bitkiler gibi– işe başlamaya dikkat etti. Saf beyaz çiçekli bitkileri saf mor çiçekli bitkilerle melezledi vb. Her durumda, döllenmeyi de kesin bir biçimde kontrol etti: Polenlerin rasgele saçılmasını önelemek için açılmamış çiçek goncalarından cımbızla alıp aktardı. Bu yetiştirme deneylerini birçok kez gerçekleştirdi ve bir sonraki ve ondan sonraki kuşakta bitkilerin sayısını ve özelliklerini belgeledi. Almaşık varyetelerin (mor çiçek ve beyaz çiçek gibi) sabit oranlarda miras alındığını gördü. İlk kuşakta mor çiçek gibi yalnızca bir varyete başarıyla yetişti; ikinci kuşakta bu varyete, zürriyetin dörtte üçünü oluşturdu. Mendel buna baskın varyete dedi. Öteki varyeteye çekinik varyete dedi. Bu durumda beyaz çiçek çekinikti ve ikinci kuşak bitkilerin dörtte birini oluşturuyordu. Her özellik –uzun/kısa; tohum rengi; çiçek rengi ve tohum şekli– için, bu oranlara göre baskın ve çekinik varyetleri saptamak olanaklıydı.

Anahtar sonuç

Mendel daha ta ileri gidip, iki özelliğin –çiçek rengi ile tohum rengi gibi– kalıtımını eşzamanlı test etti. Zürriyetin farklı özellik kombinasyonlarıyla ortaya çıktıklarını ve yine, bu kombinasyonların sabit oranlarda gerçekleştiğini gördü. İlk kuşakta bütün bitkiler her iki baskın özelliğe (mor çiçek, sarı tohum) sahipti; ama ikinci kuşakta bir kombinasyon karışımı vardı. Örneğin, bitkilerin on altıda birinin her iki çekinik özellikle (beyaz çiçek, yeşil tohum) kombinasyonu vardı. Mendel iki özelliğin birbirinden bağımsız miras alındığı sonucuna vardı. Başka bir deyişle, çiçek rengi kalıtımının tohum rengi katılımı üzerinde ve tohum rengi kalıtımının çiçek rengi kalıtımı üzerinde bir etkisi yoktu. Kalıtımın bu şekilde kesin orantılı olması, Mendel'in şu sonuca varmasına yol açtı: Bu durum muğlak kimyasal ilkelerin harmanlanmasından



kaynaklanmadı, ayrık "parçacıklardan" ötürü gerçekleşti. Çiçek rengini kontrol eden parçacıklar vardı, tohum renginin parçacıkları vardı vb. Bu parçacıklar ebeveynden yavruya bozulmadan aktarılmaktaydı. Bu durum, çekinik özelliklerin kendi etkilerini gizleyebilmelerinin ve bir kuşak atlayabilmelerinin nedenini açıklıyordu: Çekinik bir özellik, bir bitki söz konusu parçacıktan iki özdeş doz alırsa kendini gösterirdi. Bugün bu parçacıkları gen olarak kabul ediyoruz.

Kabul edilen deha

Mendel bulgularının sonuçlarını 1866'da bir doğa tarihi dergisinde yayımladı; ama çalışması bilim dünyasında fazla etki yaratamadı. Başlığın ezoterik özelliği – *Experiments in Plant Hybridization* [*Bitki Melezleme Deneyleri*]– okur sayısını sınırlamış olabilir; ama ne olursa olsun, Mendel'in yaptıklarından ötürü hakkıyla taktir edilmesi 30 yıldan fazla bir süre aldı. 1900'de Hollandalı botanikçi Hugo de Vries, Mendel'inkine benzer bitki dölleme deneylerinin sonuçlarını –bire üç oranının doğrulanması da dahil– yayımladı. De Vries, ilk önce Mendel'in buraya vardığını kabul ederek çalışmalarını sürdürdü. Birkaç ay sonra, Alman botanikçi Carl Correns, Mendel'in kalıtım mekanizmasını açık bir biçimde tarif etti. Bu arada İngiltere'de –de Vries ve Correns'in yazılarını okuduktan sonra harekete geçen– Cambridge'li biyolog William Bateson, Mendel'in özgün yazısını ilk kez okudu ve önemini hemen anladı. Bateson, Mendelci düşüncelerin savunucusu olacaktı ve sonunda, biyolojinin bu yeni

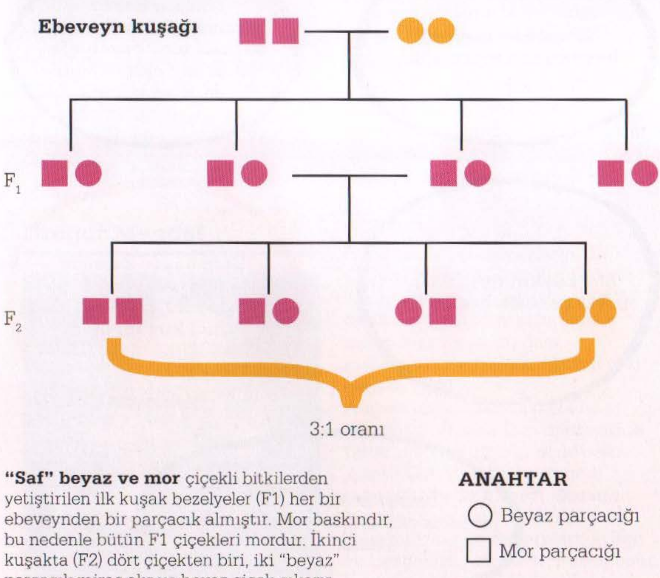
> Özellikler melezlerde tamamen kaybolur, ama zürriyetlerinde değişmeden tekrar ortaya çıkar.
> **Gregor Mendel**

alanı için "enetik" terimini icat etti. Augustinusçu keşiş, ölümünden sonra nihayet takdir edilmişti.

O zamana kadar, farklı türden bir eser –hücre biyolojisi ve biyokimya alanlarında– biyologlara kılavuzluk ediyordu. Bilim insanları hücrelerin içine bakarak ipucu aradıkları için, mikroskoplar bitki dölleme deneylerinin yerini alıyordu. 19. yüzyıl biyologlarının içinde bir ses, kalıtımın anahtarının hücrenin çekirdeğinde olduğunu söylüyordu. 1878'de Mendel'in çalışmasından habersiz Alman Walther Flemming hücre çekirdeğinin içinde, hücre bölünmesi sırasında hareket eden iplik benzeri yapılar saptadı. Bunlara, "renkli cisim" anlamına gelen kromozom adını verdi. Mendel'in çalışmalarının yeniden keşfedilmesinden sonra birkaç yıl içinde biyologlar, Mendel'in "kalıtım parçacıkları"nın gerçek olduklarını ve kromozomlarda taşındıklarını kanıtlamıştı.

Arıtılmış kalıtım yasaları

Mendel iki kalıtım yasası saptamıştı. Birincisi, yavrularda sabit özellik oranı, kalıtım parçacıklarının çift halinde geldikleri sonucuna varmasına yol açtı. Çiçek rengi için bir parçacık çifti, tohum rengi için bir parçacık



"Saf" beyaz ve mor çiçekli bitkilerden yetiştirilen ilk kuşak bezelyeler (F1) her bir ebeveynden bir parçacık almıştır. Mor baskındır, bu nedenle bütün F1 çiçekleri mordur. İkinci kuşakta (F2) dört çiçekten biri, iki "beyaz" parçacık miras alır ve beyaz çiçek çıkarır.



Hugo de Vries 1890'larda çeşitli bitkilerle yaptığı deneylerde 3:1 oranını keşfetti. Daha sonra, bu keşfide öncelik hakkının Mendel'de olduğunu kabul etti.

çifti vardı vb. Çiftler döllenmede oluşuyordu; çünkü her ebeveynden bir parçacık gelmekteydi – ve yeni kuşak üreyip kendi eşey hücrelerini oluşturanca tekrar ayrılmaktaydı. Birlikte gelen parçacıklar farklı varyeteyse (mor ve beyaz çiçek parçacıkları gibi) yalnızca baskın parçacık açığa çıkacaktı.

Modern terimlerle, farklı gen varyetelerine alel denilir. Mendel'in birinci yasası, aleller ayrılıp eşey hücreleri oluşturdukları için Ayrışım Yasası olarak bilinir. Mendel'in ikinci yasası, iki özelliği ele alınca ortaya çıktı. Bağımsız Kalıtım Yasası, her özelliğin ilgili genin bağımsız aktarıldığını öne sürer.

Anlaşılan, Mendel'in bitki türünü seçimi tesadüfiydi. *Pisum sativum*'un özelliklerinin en basit kalıtım örüntüsüne uyduğunu şimdi biliyoruz. Her bir özellik –çiçek rengi gibi– farklı varyetelerde (aleller) gelen tek bir gen tipinin kontrolündedir. Bununla birlikte birçok biyolojik özellik –insan boyu gibi– çok sayıda farklı genin etkileşiminin sonucudur.

Dahası, Mendel'in incelediği genler bağımsız aktarılmaktaydı. Daha sonraki çalışmalar, genlerin aynı kromozom üzerinde yan yana oturabildiklerini gösterdi. Her bir kromozom, bir DNA dizisi üzerinde yüzlerce ya da binlerce gen taşır. Kromozom çiftleri ayrılıp eşey hücreler yaratır ve kromozom sonra bütüne geçer. Yani, aynı kromozom üzerinde farklı genlerin kontrol ettiği özelliklerin kalıtımı bağımsız değildir. Mendel'in incelediği her bir bezelye özelliği, ayrı bir kromozom üzerindeki bir genden kaynaklanır. Aynı kromozom üzerinde olsalardı, sonuçlar daha karmaşık ve yorumlanması daha zor olurdu.

20. yüzyılda araştırmalar, Mendel yasalarının istisnalarını ortaya çıkaracaktı. Bilim insanları genlerin ve kromozomların davranışını daha derinliğine araştırınca, kalıtımın Mendel'in bulduğundan daha karmaşık yollarla gerçeklebildiğini doğruladılar. Bununla birlikte, bu keşifler, modern genetiğin temelini atan Mendel'in bulgularıyla çelişmek yerine, onları tamamlar. ■

> Çabalarımızın kalıtım ve varyasyon olgularını açıklamaya yönelik olduğuna yeterince işaret eden Genetik terimini... öneriyorum.
> **William Bateson**



KUŞLAR İLE DİNOZORLAR ARASINDA EVRİMSEL BİR BAĞLANTI

THOMAS HENRY HUXLEY (1825–1895)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1859 Charles Darwin evrim teorisini açıklayan *Türlerin Kökeni*'ni yayımlar.

1860 Almanya'da bulunan ilk *Archaeopteryx* fosili, Londra Doğa Tarihi Müzesine satılır.

SONRA
1875 *Archaeopteryx*'in dişli "Berlin örneği" bulunur.

1969 ABD'li paleontolog John Ostrom'un yırtıcı kuş dinozorlara ilişkin incelemesi, kuşlarla yeni benzerlikleri aydınlatır.

1996 Bilinen ilk tüylü dinozor *Sinosauropteryx*, Çin'de bulunur.

2005 ABD'li biyolog Chris Organ, kuşların DNA'sı ile *Tyrannosaurus rex*'in DNA'sı arasındaki benzerliği gösterir.

1859'da Charles Darwin doğal seçilim yoluyla evrim teorisini açıkladı. Bunu izleyen hararetli tartışmalarda Thomas Henry Huxley, Darwin'in düşüncelerinin en sağlam savunucusuydu; "Darwin'in buldogu" lakabını kazandı. Daha önemlisi Britanyalı biyolog, Darwin'in teorilerinin kanıtı olacak temel bir konuda –kuşların ve dinozorların yakın akraba olduğu düşüncesi– öncü çalışmalar yürüttü.

Darwin'in türlerin tedrici olarak başka türlere dönüştüğü teorisi doğruysa, o zaman fosil kalıntılar çok farkı olan türlerin çok benzer olan atalardan nasıl ayrıldıklarını açıklamalıydı. 1860'ta bir Alman taş ocağında kireçtaşı içinde dikkate değer bir fosil bulundu. Jura dönemine tarihlendi ve *Archaeopteryx lithographica* adı verildi. Kuşlar gibi kanatları ve tüyleri olan, ama dinazorlar çağından kalan bu fosil, türler arasında Darwin'in teorisinin öngördüğü kayıp halkanın bir örneği gibi görünüyordu.

Ne var ki, kuşlar ile dinozorlar arasındaki bağlantıyı kanıtlamaya tek örnek yeterli değildi ve *Archaeopteryx*, tüylü bir dinozor olmaktan çok en eski kuşlardan biri olabilirdi. Ama Huxley hem kuşların hem dinozorların anatomilerini yakından incelemeye başladı ve ona göre kanıt çarpıcıydı.



Archaeopteryx'in on bir fosili bulundu. Kuşa benzeyen bu dinozor Geç Jura döneminde, yaklaşık 150 milyon yıl önce şimdiki Güney Almanya'da yaşadı.

Bir geçiş fosili

Huxley *Archaeopteryx* ile çeşitli dinozorlar arasında ayrıntılı karşılaştırmalar yaptı ve küçük dinozorlar *Hypsilophodon ve Compsognathus*'a çok benzediğini gördü. 1875'te dinozorunkine benzer dişleri olan daha eksiksiz bir *Archaeopteryx* fosilinin bulunması, bağlantıyı doğrular gibi görünüyordu.

Ayrıca bkz. Mary Anning 116–17 ▪ Charles Darwin 142–49

Küçük dinozor fosillerinin ayrıntılı incelenmesi, **kuşlarla** birçok ortak özelliği gösterir.

↓

Kuşa benzeyen *Archaeopteryx* fosillerinin dinozorlarınkine benzer **dişleri** vardır.

↓

Kuşların anatomisi ile **dinozorların** anatomisi **arasındaki benzerlikler** tesadüf olamayacak kadar büyüktür.

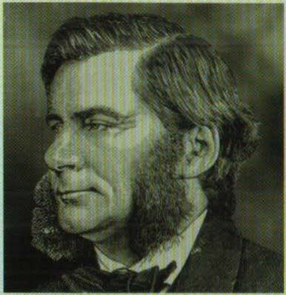
↓

Kuşlar ile dinozorlar arasında evrimsel bir bağlantı vardır.

Huxley kuşlar ile dinozorlar arasıda evrimsel bir bağlantı olduğuna inanmaya başladı; ama ortak bir ata bulacağını düşünmüyordu. Onun için önemli olan, çok açık benzerliklerdi. Sürüngenler gibi kuşların da pulları vardır –tüyler, pulların gelişmiş halidir– ve yumurtlarlar. Kemik yapısı bakımından da bir sürü benzerlikleri vardır.

Yine de dinozorlar ile kuşlar arasındaki bağlantı, bir yüzyıl daha tartışmalı kaldı. Sonra 1960'larda parlak tüylü, çevik yırtıcı kuş *Deinonychus*'a (*Velociraptor*'un bir akrabası) ilişkin incelemeler, kuşlar ile bu küçük yırtıcı dinozorlar arasındaki bağlantıya birçok paleontologu inandırmaya başladı. Son yıllarda Çin'de çok sayıda eski kuş ve kuşa benzer dinozor fosilinin bulunması, bu bağlantıyı güçlendirdi –2005'te ayakları tüylü küçük bir dinozorun, *Pedopenna*, bulunması da dahil. Aynı yıl, bir *Tyrannosaurus rex*'in fosilleşmiş yumuşak dokusundan alınan DNA'da yapılan çığır açıcı bir inceleme, dinozorların genetik olarak diğer sürüngenlerden daha fazla kuşlara benzediğini gösterdi. ▪

> Kuşlar aslında sürüngenlere benzer... bu hayvanların, son derece değişikliğe uğramış ve istisnai bir sürüngen tipi olduğu söylenebilir.
> **Thomas Henry Huxley**



Thomas Henry Huxley

Londra'da doğan Huxley 13 yaşında cerrah çırağı oldu. 21 yaşında, Avustralya ve Yeni Gine'nin etrafındaki denizlerin haritasını çıkarmakla görevlendirilen bir Kraliyet Donanması gemisinde cerrahtı. Bu yolculuk sırasında topladığı deniz omurgasızları üzerine yazılar yazdı ve bu yazılar Kraliyet Derneği o kadar etkiledi ki, 1851'de üyeliğe seçildi. 1854'te dönünce Huxley, Kraliyet Madencilik Okulunda doğa tarihi hocası oldu.

Huxley 1856'da Charles Darwin'le tanıştıktan sonra, Darwin teorilerinin güçlü bir savunucusu oldu. 1860'ta evrim üzerine bir tartışmada, Tanrı'nın yaratıcılığını savunan Oxford Piskoposu Samuel Wilberforce'ı yendi. Kuşlar ile dinozorlar arasındaki benzerlikleri gösteren çalışmalarının yanı sıra, insanın kökeni konusunda kanıtlar da topladı.

Önemli eserleri

1858 *The Theory of the Vertebrate Skull*
1863 *Evidence as to Man's Place in Nature*
1880 *The Coming of Age of the Origin of Species*

ÖZELLİKLERİN AÇIK BİR DÖNGÜSELLİĞİ

DİMİTRİ MENDELEYEV (1834–1907)



KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1803 John Dalton atom ağırlığı düşüncesini tanıtır.

1828 Johann Döbereiner ilk sınıflandırmaya kalkışır.

1860 Stanislao Cannizzaro kapsamlı bir atom ve molekül ağırlıkları tablosu yayımlar.

SONRA
1913 Lothar Meyer atom hacmine karşı atom ağırlığı grafiği çıkararak elementler arasındaki periyoduk ilişkiyi gösterir.

1913 Henry Moseley atom numaralarını -bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı- kullanarak periyodik tabloyu yeniden tanımlar.

1913 Niels Bohr bir atom yapısı modeli önerir. Model, farklı element gruplarının göreli tepkinliğini açıklayan elektron kabuklarını da kapsar.

1661'de Anglo-İrlandalı kimyacı Robert Boyle elementleri şöyle tanımladı: "belli ilkel ve basit ya da kusursuzca katışıksız cisimler; başka herhangi bir cisimden ya da birbirinden oluşmayıp, kusurcuzca karma denilen bütün cisimlerin bileşeni ve bütün cisimlerin sonunda sonunda ayrıştığı şey." Başka bir deyişle bir element kimyasal yollarla daha basit maddelere bölünemez. 1803'te İngiliz kimyacı John Dalton bu elementlerin atom ağırlığı (şimdi göreli atom kütlesi deniliyor) düşüncesini tanıttı. Hidrojen en hafif elementtir ve ona, bugün de kullanılan 1 değerini verdi.

Sekiz yasası

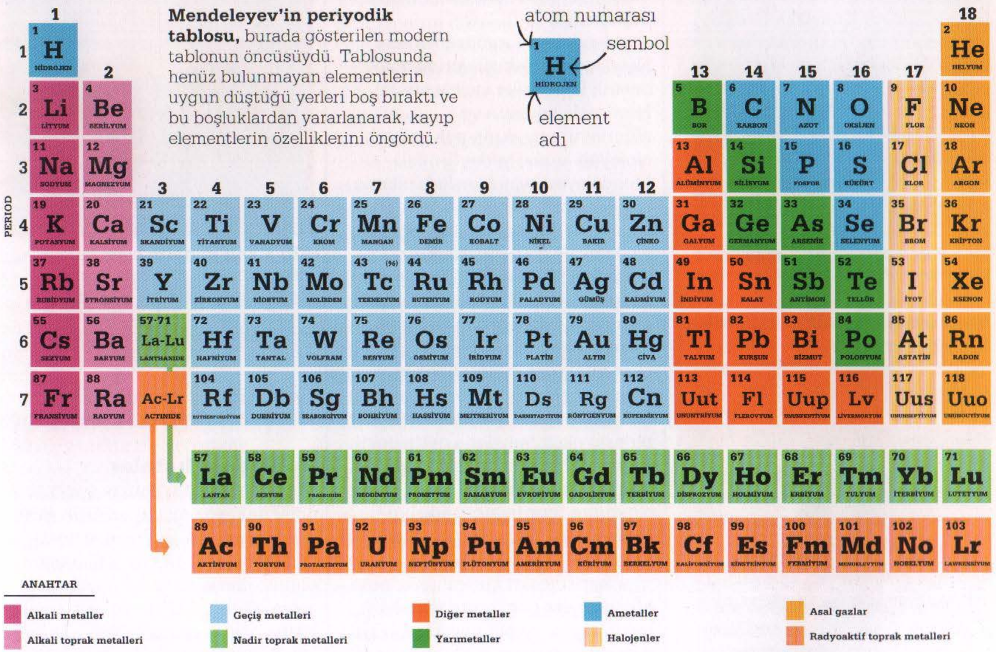
19. yüzyılın ilk yarısında kimyacılar giderek daha fazla sayıda element yalıttı ve belli element gruplarının benzer özelliklere sahip oldukları anlaşıldı. Örneğin sodyum ve potasyum suyla şiddetli tepkimeye girip hidrojen gazını serbest bırakan gümüş renkli katılardır (alkali metaller). Aslında o kadar benzerdirler ki, Britanyalı kimyacı Humphry Davy onları ilk keşfettiğinde aralarında ayrım yapmadı. Aynı şekilde halojen elementler klor ve brom, klor bir gaz ve brom bir sıvı olmasına rağmen, ikisi de keskin, zehirli yükseltgendir. Britanyalı kimyacı John Newlands, bilinen elementler artan atom ağırlığı sırasına göre dizildiğinde, her sekizinci yere benzer elementlerin düştüğünü fark etti. Bulgularını 1864'te yayımladı.



Elementlerin sınıflandırmaya kalkışına ilk kişi, Alman kimyacı Johann Döbereiner'di. 1828'de bazı elementlerin, birbiriyle bağlantılı özelliklere sahip üçlü gruplar oluşturduğunu bulmuştu.



Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ John Dalton 112–13 ▪ Humphry Davy 114 ▪ Marie Curie 190–95 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ Linus Pauling 254–59



Mendeleyev'in periyodik tablosu, burada gösterilen modern tablonun öncüsüydü. Tablosunda henüz bulunmayan elementlerin uygun düştüğü yerleri boş bıraktı ve bu boşluklardan yararlanarak, kayıp elementlerin özelliklerini öngördü.

Newlands, *Chemical News* dergisinde şunları yazdı: "Aynı gruba ait elementler aynı yatay sırada görünürler. Benzer elementlerin numaraları da yedi ya da yedinin katlarına göre farklılık gösterir... Kendine özgü bu ilişkiye, Sekizli Yasası demeyi öneriyorum." Tablosundaki örüntüler kalsiyuma kadar anlamlıdır; ama ondan sonra raydan çıkar. 1 Mart 1865'te Kimya Derneği, elementleri alfabetik sıraya göre dizseydi de olurdu diyerek Newlands'la alay etti ve yazısını yayımlamayı reddetti. Newlands'ın başarısının önemi, 20 yıldan fazla bir süre anlaşılmayacaktı. Bu arada Fransız mineralog Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois da örüntüleri fark etmiş ve düşüncelerini 1862'de yayımlamıştı; ama çok az kişi fark etti.

İskambil bilmecesi

Aşağı yukarı aynı sırada Rusya'da Dimitri Mendeleyev, St Petersburg'da *Principles of Chemistry* kitabını yazarken aynı sorunla boğuşuyordu. 1863'te bilinen 56 element vardı ve yılda yaklaşık bir tane olmak üzere, yeni elementler keşfediliyordu. Mendeleyev, bir örüntü olması gerektiği inancındaydı. Bilmeceyi çözme çabasıyla, 56 kâğıttan oluşan bir iskambil destesi hazırladı; her kâğıda bir elementin adını ve belli başlı özelliklerini yazdı.

Mendeleyev'in 1868'de bir kış yolculuğuna çıkmak üzeriyken atılımını yaptığı söylenir. Yola çıkmadan önce, kâğıtlarını masanın üzerine serdi ve adeta bir sabır oyunu oynuyormuş gibi, bilmeceyi düşünmeye başladı. Arabacısı bavulları almak için kapıya gelince, Mendeleyev meşgul olduğunu söyleyerek geri gönderdi. 56 elementi, benzer gruplar dikey dizilecek şekilde, istediği gibi düzenlemeyi başarana kadar kâğıtları ileri-geri hareket ettirdi. Ertesi yıl Mendeleyev Rus Kimya Derneğinde, "Elementler atom

ağırlıklarına göre dizilirlerse, özelliklerin açık bir döngüselliği ortaya çıkar" diyen bir yazı okudu. Benzer kimyasal özelliklere sahip elementlerin ya yaklaşık olarak aynı değerde (potasyum, iridyum ve osmiyum gibi) ya da düzenli olarak artan (potasyum, rubidyum ve sezyum gibi) atom ağırlıkları olduğunu açıkladı. Elementlerin atom ağırlıkları sırasına göre gruplar halinde düzenlenmesinin, valanslarına (atomların diğer atomlarla kurabildiği bağ sayısı) karşılık geldiğini de açıkladı.

Yeni elementleri öngörmek

Yazısında Mendeleyev, cesur bir öngörüde bulundu: "Henüz daha bilinmeyen birçok elementin keşfini beklemeliyiz –örneğin atom ağırlıkları 65 ile 75 arasında olacak, alüminyuma ve silisyuma benzer iki element."

> Doğada genel bir düzen egemenliğinin varlığını keşfetmek ve bu düzeni yöneten nedenleri bulmak bilimin işlevidir.
> **Dimitri Mendeleyev**

Mendeleyev'in düzenlemesi, Newlands'ın Sekizliklerine göre önemli ilerlemeler içermekteydi. Newlands boronun ve alüminyumun altına pek anlamlı olmayan kromu yerleştirmişti. Mendeleyev henüz keşfedilmemiş bir elementin var olması gerektiğini sonucunu çıkardı ve atom ağırlığı yaklaşık 68 olan bir atomun bulunacağını öngördü. Bu element, kimyasal formülü M_2O_3 ("M", yeni elementin simgesi olmak üzere) olan bir oksit (bir elementin oksijenle oluşturduğu bileşik) oluşturacaktı. Yani, yeni elementin iki atomu üç oksijen atomuyla birleşip oksit meydana getirecekti. Diğer boşlukları dolduracak iki element daha öngördü: M_2O_3 oksiti oluşturan birinin atom ağırlığı yaklaşık 45; MO_2 oksitini oluşturan diğerinin atom ağırlığı 72.

Eleştirmenler kuşkuluydu; ama Mendeleyev, çok özgün iddialardı bulunmuştu ve bilimsel bir teoriyi desteklemenin en güçlü yollarından biri, doğruluğu kanıtlanan öngürülerde bulunmaktır. Bu olayda, galyum elementi (atom ağırlığı 70, Ga_2O_3 oksitini oluşturur) 1875'te; skandiyum (ağ. 45, Sc_2O_3) 1879'da ve germanyum (ağ. 73, GeO_2) 1886'da keşfedildi. Bu keşifler Mendeleyev'i ünlendirdi.

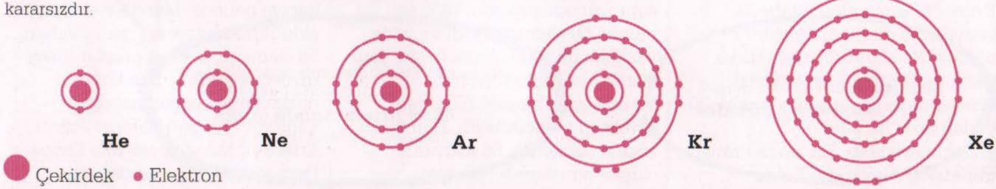


Altı alkali metalin hepsi yumuşak, yüksek tepkinli metaldir. Bu saf sodyum topağının dış tabakası havadaki oksijenle tepkimeye girip, sodyum oksit bir örtü oluşturmuş.

Tablodaki hatalar

Mendeleyev bazı hatalar yaptı. 1869'daki yazısında, tellürün atom ağırlığının yanlış olması gerektiğini iddia etti: 123 ile 126 arasıda olamsı gerekirdi, çünkü iyotun atom ağırlığı 127'dir ve iyot, özelliklerine göre tabloda tüllürü izlemelidir. Yanılıyordu – tellürün göreli atom ağırlığı aslında 127,6'dır; iyotunkinden büyüktür. Benzer bir anormallik potasyum (ağ. 39) ile argon (ağ. 40) arasında da olur; argon tabloda potasyumdan önce gelir – ama Mendeleyev 1869'da bu

Doğal oluşan altı asal gaz (tablonun 18. grubunda sıralanır) helyum, neon, argon, kripton, ksenon ve radondur. Kimyasal tepkinlikleri çok düşüktür; çünkü her birinin tam bir valans kabuğu vardır – atom çekirdiğinin etrafını saran bir elektron kabuğu. Helyumun iki elektron içeren tek kabuğu vardır; diğer elementlerin sekiz elektronlu dış kabukları vardır. Radyoaktif radon kararsızdır.



sorunların farkında değildi, çünkü argon 1894'e kadar keşfedilmedi. Argon renksiz, kokusuz ve diğer elementlerle zor tepkimeye giren asal gazlardan biridir. Saptanması zor olan asal gazlardan hiçbiri o sırada bilinmiyordu; bu nedenle Mendeleyev'in tablosunda onlara yer yoktu. Ne var ki, argon ortaya çıkınca, doldurulması gereken birkaç delik daha oldu ve 1898'e gelindiğinde İskoç kimyacı William Ramsay helyum, neon, kripton ve ksenonu yalıtmıştı. 1902'de Mendeleyev asal gazları Grup 18 olarak tablosuna ekledi ve tablonun bu versiyonu, bugün kullandığımız periyodik tablonun temelini oluşturur.

"Yanlış" atom ağırlığı aykırılığı 1913'te, Britanyalı fizikçi Henry Moseley tarafından çözüldü; Moseley X-ışınları kullanarak, tikel bir elementin her atomunun çekirdiğindeki proton sayısını belirledi. Buna elementin atom numarası denildi ve elementin periyodik tablodaki konumunu bu numara belirler. Atom ağırlıklarının yakın bir yaklaşıklık vermesi, daha hafif elemetlerin atom ağırlığının atom numarasının kabaca (tamı tamına olmasa bile) iki katı olması gerçeğinden kaynaklandı.

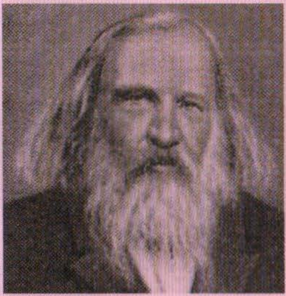
> Alüminyum ve silisyuma benzer elementlerin –atom ağırlıkları 65 ile 75 arasıda olacak– keşfini beklemeliyiz.
> **Dimitri Mendeleyev**

Tabloyu kullanmak

Elementlerin periyodik tablosu bir kataloglama sistemi –elementleri sıralamanın düzenli bir yolu– gibi görünebilir; ama hem kimyada hem fizikte daha büyük bir önemi vardır. Kimyacıların bir elementin özelliklerini öngörmelerine ve süreçlerde varyasyonlar denemelerine olanak verir; örneğin tikel bir tepkime kromla olmazsa, tabloda kromun altındaki element olan molibdenle olabilir.

Tablo, atomun yapısını araştırmada da önemlidir. Elementlerin özellikleri neden bu örüntülerle tekrarlar? Neden Grup 18 elementleri tepkin değilken, iki taraftaki gruplarda yer alan elementler en tepkin olanlardı? Bu tür sorular, o günden beri kabul edilen atom yapısının resmine götürdü.

Mendeleyev bir ölçüde şanslı olduğu için tablosu itibar gördü. Düşüncelerini Béguyer ve Newlands'tan sonra yayımladı; ayrıca atom hacmi ile atom ağırlığı bağıntısı kurarak elementler arasında periyodik ilişkiyi gösteren Alman kimyacı Lothar Meyer de onun önündeydi, düşüncelerini 1870'te yayımladı. Bilimde sıkça olduğu gibi, tikel bir keşfin zamanı gelmişti ve birçok kişi, birbirinden bağımsız olarak, birbirlerinin çalışmalarından habersiz aynı sonuçlara ulaşmıştı. ■



Dimitri Mendeleyev

En az 12 çocuğun en küçüğü olan Dimitriy Mendeleyev 1834'te Sibirya'da bir köyde doğdu. Babası kör olup öğretmenlik işini kaybedince, Mendeleyev'in annesi bir cam fabrikası işleterek aileyi geçindirdi. Fabrika yanınca, 15 yaşındaki oğlunu yüksek eğitim alması için St Petersburg'a götürdü.

1862'de Mendeleyev Feozva Nikitiçna Laşçeva'ya evlendi; ama 1876'da Anna İvanova Popova'ya tutuldu ve ilk karısından boşanmadan onunla evlendi.

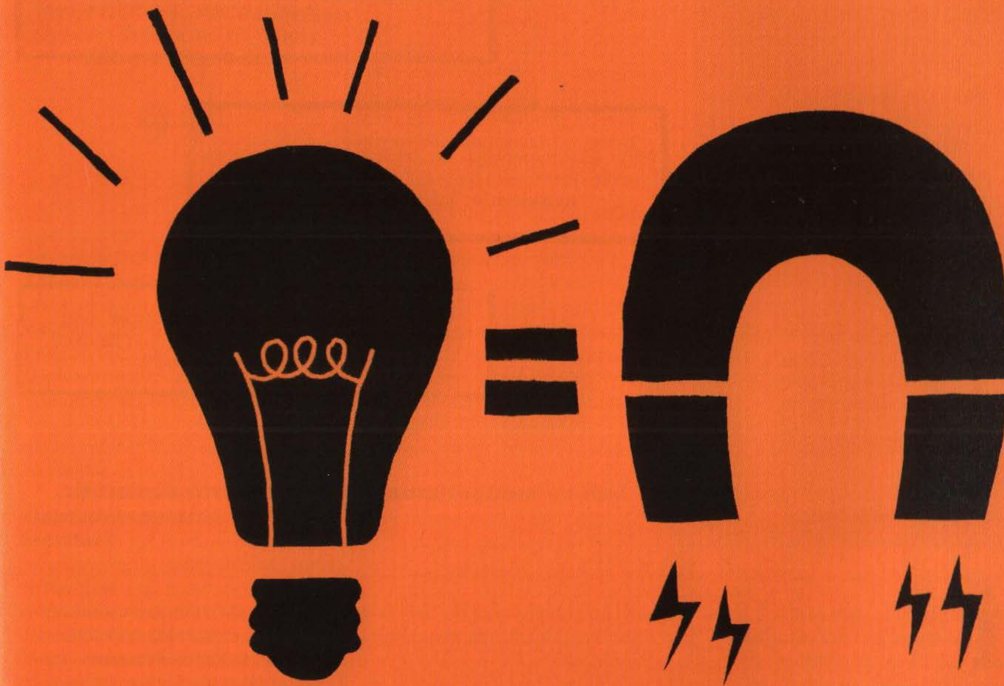
1890'larda Mendeleyev votka üretiminin yeni standartlarını düzenledi. Petrolün kimyasını araştırdı ve Rusya'nın ilk petrol rafinerisinin kurulmasına yardım etti. 1905'te İsveç Kraliyet Bilim Akadamisi üyeliğine seçildi; Nobel Ödülüne aday gösterildi, ama olasılıkla iki eşliliğinden ötürü, kabul edilmedi. Radyoaktif element 101 mendelevyum, adını ondan alır.

Önemli eserleri

1870 *Principles of Chemistry*

IŞIK VE MANYETİZMA AYNI ÖZÜN GÖRÜNÜMLERİDİR

JAMES CLERK MAXWELL (1831–1879)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1803 Thomas Young'ın çiftyarık deneyleri, sanki ışığın bir dalga olduğunu gösteriyor.

1820 Hans Christian Ørsted elektrik ile manyetizma arasında bir bağlantıyı ortaya çıkarır.

1831 Michael Faraday değişen bir manyetik alanın bir elektrik alanı ürettiğini gösterir.

SONRA
1900 Max Planck bazı koşullarda ışığın, küçük "dalga paketlerinden" ya da kuantumlardan oluşmuş gibi ele alınabileceğini öne sürer

1905 Albert Einstein bugün foton olarak bilinen ışık kuantumlarının gerçek olduğunu gösterir.

1940'lar Richard Feynmann ve diğerleri ışığın davranışını açıklamak için kuantum elektrodinamiğini geliştirir

Bir **manyetik alan** ışık **kutuplanmasını** değiştirebilir.

Bu durum **ışığın elektromanyetik** bir dalga olabileceğini gösterir.

Işığın elektromanyetik bir dalga olduğu varsayılırsa, ışığın davranışını matematiksel olarak açıklayan **denklemler kurmak** olanaklıdır.

Uzun dalga boylu **radyo dalgalarının** (aynı zamanda elektromanyetik spektrumun parçası) **keşfi,** denklemleri doğrular.

Işık ve manyetizma aynı özün görünümleridir.

İskoç fizikçi James Clerk Maxwell'in 1860'larda ve 1870'lerde geliştirdiği elektromanyetik alanların davranışını tarif eden diferansiyel denklemler serisi, haklı olarak, fizik tarihinin büyük başarılarından biri sayılır. Sahiden dönüştürücü bir buluş olan bu denklemler yalnızca bilim insanlarının elektriğe, manyetizmaya ve ışığa bakışlarını kökten değiştirmekle kalmadı, tamamen yeni bir matematiksel fiziğin temel kurallarını da belirledi. Bunun 20. yüzyılda çok kapsamlı sonuçları olacaktı ve bugün, Evren anlayışımızı kapsayıcı bir "Her Şey Teorisi"nde birleştirme umudunu sunmaktadır.

Faraday etkisi

Danimarkalı fizikçi Hans Christian Ørsted'in 1820'de manyetizma ile elektrik arasıda bir bağlantı keşfetmesi, görünürde bağlantısız olgular arasındaki bağları ve iç bağlantıları keşfetme girişimlerine zemin hazırladı. Michael Faraday'ın anlamlı bir atılımına da esin kaynağı oldu. Bugün Faraday daha çok elektrik motoronu icat etmesiyle ve elektromanyetik indüksiyonu bulmasıyla tanınır; ama daha az şöhretli bir keşif, Maxwell'in kalkış noktasını oluşturdu.

Faraday 20 yıl boyunca ışık ile elektromanyetizma arasıda bir bağlandı bulmaya çalıştı. 1845'te soruya kesin bir yanıt veren akıllıca bir deney tasarladı. Deney, kutuplanmış bir ışık demetini (bir ışık demeti düzgün yansıtan bir yüzeyden sektrilerek kolayca yaratılan, dalgaların tek yönde dalgalandığı bir ışık) güçlü bir manyetik alandan geçirmeyi ve özel bir göz merceği kullanarak

Ayrıca bkz. Alessandro Volta 90–95 ▪ Hans Christian Ørsted 120 ▪ Michael Faraday 121 ▪ Max Planck 202–05 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Richard Feynman 272–73 ▪ Sheldon Glashow 292–93

> Özel görelilik teorisi kökenini Maxwell'in elektromanyetik alan denklemlerine borçludur.
> **Albert Einstein**

diğer taraftaki kutuplanma açısını test etmeyi gerektiriyordu. Manyetik alanın doğrultusunu çevirerek ışığın kutuplanma açısını etkileyebildiğini gördü. Bu buluşa dayanan Faraday, ilk kez ışık dalgalarının kuvvet çizgileri halinde bir tür dalgalanma olduğunu öne sürdü ve elektromanyetik olguları bununla yorumladı.

Elektromanyetizma teorileri

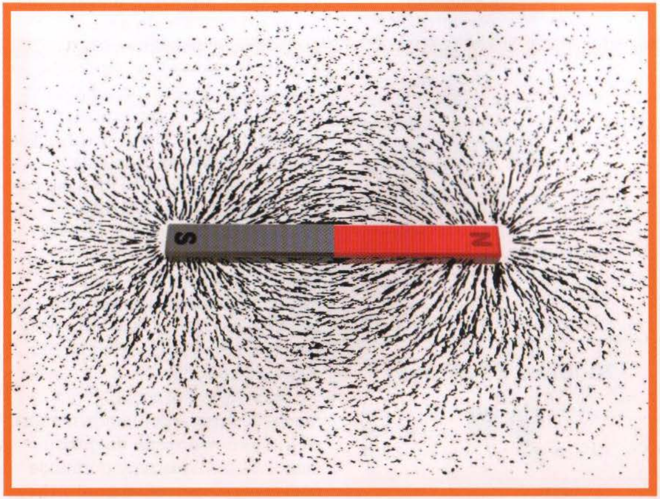
Faraday zeki bir deneyselciydi; ama bu sezgisel düşünceyi sağlam bir teorik temele oturmak Maxwell'in dehasına kaldı. Maxwell soruna karşıt yönden, elektrik, manyetizma ve ışık arasındaki bağı neredeyse tesadüfen keşfederek geldi.

Maxwell'in ana kaygısı, Faraday'ın indüksiyonu gibi olgularda –hareketli bir mıknatısın bir elektrik akımı indüklediği– söz konusu olan elektromanyetik kuvvetlerin nasıl çalıştığını açıklamaktı. Faraday hareketli elektrik akımlarının etrafında eşmerkezli halkalar halinde yayılan ya da mıknatıs kutuplarına girip çıkan "kuvvet çizgileri" düşüncesini icat etmişti. Elektriksel iletkenler bu çizgilerle ilişkili olarak hareket edince, içlerinde akım akıyordu. Kuvvet çizgilerinin yoğunluğu ve göreli devinim hızı akımın gücünü etkilemekteydi.

Kuvvet çizgileri olguyu anlamak için yararlı bir yardımcıydı; ama fiziksel bir varlıkları yoktu – elektriksel ve manyetik alanlar yalnızca belli çizgiler kesildiğinde değil, uzayda etki alanlarına giren her noktada varlıklarını hissettirir. Elektromanyetizma fiziğini açıklamaya çalışan bilim insanları, iki okuldan birine düşme eğilimindeydi: Elektromanyetizmayı Newton'ın kütleçekimi modeline benzer bir "uzaktan etki" biçimi olarak görenler ve elektromanyetizmanın dalgalarla uzaya yayıldığına inananlar. Genel olarak "uzaktan etki"yi destekleyenler kıta Avrupa'sındandı ve André-Marie Ampère'in teorilerini izledi; dalgalara inanlar ise, Britanyalı olma eğilimindeydi. İki temel teoriyi ayırt etmenin yolu şuydu: Uzaktan etki anlık gerçekleşirdi; oysa dalgaların uzayda yayılması, kaçınılmaz olarak zaman alırdı.

Maxwell'in modelleri

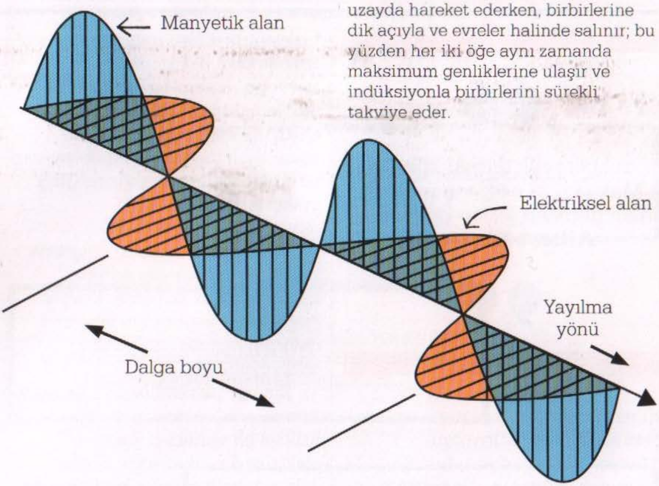
Maxwell 1855'te ve 1856'da yayımlanan iki yazıyla kendi elektromanyetizma teorisini geliştirmeye başladı. Bu yazılar Faraday'ın kuvvet çizgilerini sıkıştırılamaz (farazi olarak) bir akışkan içinde akış bakımından geometrik olarak modellendirme çabasıydı. Başarısı sınırlı oldu ve sonraki yazılarda



Demir talaşının bir mıknatıs etrafındaki örüntüsü, Faraday'ın tarif ettiği kuvvet çizgilerini gösteriyor gibi. Aslında, Maxwell'in denklemlerinde temsil edildiği gibi, elektromanyetik alanda verili bir noktada bir yükün yaşadığı kuvvetin yönünü gösterirler.

alternatif bir yaklaşım deneyerek, alanı bir dizi parçacık ve döner burgaç olarak modelledi. Benzeştirmeyle, Maxwell, iletken bir ilmikten geçen elektrik akımını etrafındaki manyetik alana bağlayan Ampère'in devre yasasını kanıtlayabildi. Maxwell bu modelde, elektromanyetik alandaki değişikliklerin sonlu (yüksek olsa da) bir hızda yayılacağını da gösterdi.

Maxwell yayılma hızının yaklaşık bir değerini çıkardı: yaklaşık 310.700 km/sn. Bu değer, çeşitli deneylerde ölçüldüğü şekliyle ışığın hızına o kadar yakındı ki, Faraday'ın ışığın doğasına ilişkin sezgisinin doğru olması gerektiğini hemen anladı. Dizinin son yazısında Maxwell, manyetizmanın Faraday etkisinde görüldüğü gibi elektromanyetik bir dalganın doğrultusunu nasıl etkileyebildiğini açıkladı.



Elektromanyetik bir dalganın elektriksel ve manyetik bileşenleri uzayda hareket ederken, birbirlerine dik açıyla ve evreler halinde salınır; bu yüzden her iki öğe aynı zamanda maksimum genliklerine ulaşır ve indüksiyonla birbirlerini sürekli takviye eder.

Denklemleri geliştirmek

Teorisinin temel öğelerinin doğru olduğundan emin olan Maxwell, 1864'te teorisini sağlam bir matematiksel temele oturtmaya koyuldu. *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*'de ışığı bir çift elektriksel ve manyetik enine dalga olarak tarif etti; dalgalar birbirlerine dik doğrultuluydu ve faza o kadar kilitliydi ki, elektriksel alandaki değişiklikler manyetik alanı, manyetik alandaki değişiklikler elektriksel alanı güçlendirmekteydi (elektriksel dalganın doğrultusu, normalde dalganın genel kutuplanmasını belirleyen doğrultudur). Yazının son bölümünde, elektromanyetik olguların elektriksel ve manyetik potansiyeller –başka bir deyişle, bir noktasal yükün elektromanyetik alanda özgül bir noktada yaşayacağı elektriksel ya da manyetik potansiyel enerji miktarı– bakımından tam bir matematiksel tasvirini veren 20 denklemlik bir dizi ortaya koydu.

> İnsanoğlunun uzun tarihinden bakılınca... 19. yüzyılın en anlamlı olayının, Maxwell'in elektrodinamiğin yasalarını keşfi olduğuna karar verileceğinden kuşku duyulamaz.
> **Richard Feynman**

Maxwell daha sonra, denklemlerden ışık hızında hareket eden elektromanyetik dalgaların nasıl çıktığını gösterdi; görünüşe göre, elektromanyetizmanın doğasına ilişkin tartışmayı kesin bir şeklide bitirdi.

Konuyla ilgili çalışmalarını 1873'te *Treatise on Electricity and Magnetism*'de özetledi, ama teori inandırıcı olmasına rağmen, Maxwell öldüğü sırada henüz kanıtlanmamıştı; çünkü ışık dalgalarının yüksek frekansı ve kısa dalga boyu, özelliklerinin ölçülmesini olanaksızlaştırmaktaydı. Ne var ki, sekiz yıl sonra, 1887'de Alman fizikçi Heinrich Hertz, düşük frekanslı ve uzun dalga boylu, ama aynı genel yayılma hızına sahip çok farklı bir elektromanyetik dalga biçimi –bugün radyo dalgaları olarak bilinen elektromanyetizma biçimi– üretmeyi başarınca bilmecenin son parçasını sağladı.

Heaviside sahneye çıkar

Hertz'in keşfi sırasında, Maxwell denklemlerini bugün bildiğimiz biçimde üreten önemli bir gelişme daha olmuştu.

> Maxwell'in denklemleri, insanlık tarihini on devlet başkanından daha fazla etkilemiştir.
> **Carl Sagan**

1884'te Oliver Heaviside adlı Britanyalı bir elektrik mühendisi, matematikçi ve fizikçi –kendi kendini eğiten, elektrik sinyallerinin verimli iletimi için koaksiyel kablo patentini alan dahi– Maxwell denklemlerinin potansiyellerini vektörlere dönüştürmenin bir yolunu buldu. Bunlar, elektromanyetik bir alanda verili bir noktada bir yükün yaşadığı kuvvetin hem değerini hem yönünü tarif eden değerlerdi. Heaviside, yüklerin bireysel noktalardaki gücü yerine alandaki yönünü açıklayarak, bir düzine özgün denklemi dörde indirdi ve böyle yapmakla, onları pratik uygulamalarda daha yararlı hale getirdi. Heaviside'ın katkısı bugün büyük ölçüde unutulmuştur; ama bugün Maxwell'in adını taşıyan dört zarif denklem onunkidir.

Maxwell'in çalışmaları elektriğin, manyetizmanın ve ışığın doğasını ilişkin birçok sorunu hallederken, önemli gizemlerin aydınlanmasına da yardımcı oldu. Bunların en önemlisi, herhalde, elektromanyetik dalganın içinden geçtiği ortamın doğasıydı – ışık dalgaları, diğer dalgalar gibi, kuşkusuz böyle bir ortamı gerektirirdi. Bu sözde "ışık saçan esir"i ölçme arayışı, geç 19. yüzyılda fiziğe egemen olup, yaratıcı bazı deneylere yol açacaktı. Bunun saptanamaması, fizikte, 20. yüzyılda kuantum teorisi ve görelilik devrimlerinin yolunu döşeyen bir kriz yarattı. ■

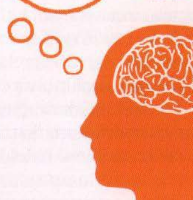
Maxwell-Heaviside denklemleri, diferansiyel denklemlerin anlaşılması zor matematiksel grameriyle ifade edilmelerine rağmen, elektriksel ve manyetik alanların yapısının ve etkisinin özet bir tasvirini sunarlar.

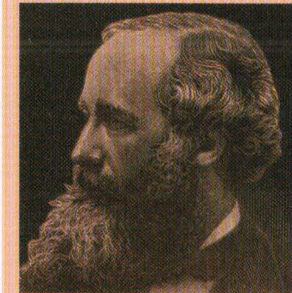
$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = \mu_0 J + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$$





James Clerk Maxwell

1831'de İskoçya'da, Edinburgh'da doğan James Clerk Maxwell erken yaşta dehasını gösterip, 14 yaşında geometri üzerine bilimsel bir yazı yayımladı. Edinburgh ve Cambridge üniversitelerinde okuyan Maxwell, 25 yaşında Aberdeen'de Marischal College'de profesör oldu. Elektromanyetizma üzerine çalışmalarına orada başladı.

Maxwell, o çağın diğer bilimsel sorunlarıyla da ilgilendi: 1859'da Satürn halkalarının yapısını açıklayan ilk kişi oldu; 1855 ile 1872 arasında renk görme teorisi üzerine önemli çalışmalar yaptı ve 1859'dan 1866'ya kadar bir gazdaki parçacık hız yöneylerinin dağılımının matematiksel bir modelini geliştirdi.

Çekingen bir adam olan Maxwell şiir yazmaktan da hoşlanırdı ve bütün ömrü boyunca dindar kaldı. 48 yaşında kanserden öldü.

Önemli eserleri

1861 *On Physical Lines of Force*
1864 *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*
1872 *Theory of Heat*
1873 *Treatise on Electricity and Magnetism*



IŞINLAR TÜPTEN GELİYORDU

WILHELM RÖNTGEN (1845–1923)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1838 Michael Faraday havası kısmen boşaltılmış cam bir tüpden bir elektrik akımı geçirip, parlayan bir elektrik kıvılcımı üretir.

1869 Johann Hittorf katot ışınlarını gözlemler.

SONRA
1896 Tanı koymada X-ışınlarının ilk klinik kullanımı, bir kemik kırığının görüntüsü elde edilir.

1896 Kanser tedavisinde X-ışınlarının ilk klinik kullanımı.

1897 J. J. Thomson katot ışınlarının aslında elektron akımı olduğunu keşfeder. X-ışınları, bir elektron akımı metal bir hedefe çarpınca meydana gelir.

1953 Rosalind Franklin DNA'nın yapısını belirlemeye yardımcı olarak X-ışınları kullanır.

Bir elektrik akımı sızdırmaz bir cam tüpden geçirilince, **katot ışınları** tüpün bir kısmının ışıldamasına neden olur.

Tüpe yakın **floresan ekranlar** da, siyah kartonla kaplandığında bile, **ışıldar.**

Bilinmeyen bir ışın tipi kartondan geçip ekranı ışıldatmış olmalı.

Görünmez ışınlar tüpten geliyor.

Birçok bilimsel keşif gibi, X-ışınları da, ilk önce başka bir şeyi –bu örnekte elektriği– inceleyen bilim insanlarınca gözlemlendi. Yapay üretilmiş bir elektrik arkı (iki elektrot arasında atlayan ışıltılı bir deşarj) ilk kez 1838'de Michael Faraday tarafından gözlemlendi. Havası kısmen boşaltılmış cam bir tüpten bir elektrik akımı geçirdi. Ark negatif elektrottan (katot) pozitif elektrota (anot) uzandı.

Katot ışınları

Sızdırmaz bir kap içinde bu elektrot düzenine deşarj tüpü denilir. 1860'lara gelindiğinde Britanyalı fizikçi William Crookes içinde neredeyse hiç hava bulunmayan deşarj tüpleri geliştirmişti. Alman fizikçi Johann Hittorf yüklü atomların ve moleküllerin elektrik taşıma kapasitesini ölçmek için bu tüpleri kullandı. Hittorf'un tüplerinde elektrotlar arasında ışıldayan bir ark yoktu; bizzat cam tüpler ışıldıyordu. Hittorf, "ışınların" katottan, yani negatif elektrottan

Ayrıca bkz. Michael Faraday 121 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ James Watson ve Francis Crick 276–83

gelmesi gerektiği sonucuna vardı. Hittorf'un meslektaşı Eugen Goldstein bunlara katot ışınları adını verdi; ama 1897'de Britanyalı fizikçi J. J. Thomson, elektron akımı olduklarını gösterdi.

X-ışınlarının keşfi

Deneyleri sırasında Hittorf aynı odadaki fotografik plakaların buğulandığını fark etti, ama bu etkiyi fazla araştırmadı. Başkaları da benzer etkileri gözlemledi; ama bunun nedenini araştıran ilk kişi Wilhelm Röntgen oldu – bir ışının birçok opak maddeden geçebildiğini anladı. İsteği üzerine, laboratuvar notları ölümünden sonra yakıldı; bu nedenle, bu "X-ışınları"nı tam olarak nasıl keşfettiğinden emin olamayız, ama deşarj tüpü siyah bir kartonla örtülü olmasına rağmen tüpe yakın bir ekranın ışıldadığını fark edince gözlemlemiş olabilir. Röntgen ilk deneyinden vazgeçti ve sonraki iki ayı, şimdi birçok ülkede hâlâ Röntgen ışınları denilen bu görünmez ışınların özelliklerini araştırmakla geçirdi. Şimdi X-ışınlarının kısa dalga boylu bir elekromanyetik ışıma biçimi olduğunu biliyoruz. 0,01-10 nanometre (bir metrenin milyarda biri) arasıda değişen bir dalga boyları vardır. Görünür ışık ise 400-700 nanometre aralığına düşer.



İlk X-ışını görütüsü, Röntgen tarafından karısı Anna'nın elinden alındı. Koyu çember evlilik yüzüğüdür. Anna'nın "Kendi ölümümü gördüm" diye haykırdığı söylenir.

Bugün X-ışını kullanımı

Bugün X-ışınları, metal bir hedefe bir elektron akımı ateşlenerek elde edilir. Bazı malzemelerde diğerlerine göre daha iyi geçerler ve iç organların görüntülerini oluşturmak ya da kapalı kaplardaki metalleri saptamak için kullanılabilir. CT (bilgisayarlı tomografi) taramalarında bir bilgisayar bir dizi X-ışını görüntüsünü birleştirip iç organların 3 boyutlu bir görüntüsünü oluşturur.

X-ışınları çok küçük nesnelerin görüntülerini oluşturmak için de kullanılabilir ve 1940'larda X-ışını mikroskopları geliştirildi. Işık mikroskopları kullanılınca olanaklı olan görüntü çözünürlüğü, görünür ışığın dalga boyları tarafından sınırlanır. Çok daha kısa dalga boyları olan X-ışınları, çok daha küçük nesnelerin görüntülerini oluşturmak için kullanılabilir. Kristallerde atomların nasıl dizildiğini çıkarmak için X-ışını kırınımı kullanılabilir – DNA'nın yapısını açıklamada can alıcı olduğu kanıtlanan bir teknik. ▪



Wilhelm Röntgen

Wilhelm Röntgen Almanya'da doğdu, ama çocukluğunun bir kısmını Hollanda'da geçirdi. Zürich'te mekanik mühendislik okuduktan sonra 1874'te Strasbourg Üniversitesinde fizik okutmanı ve iki yıl sonra profesörü oldu. Meslek yaşamında birçok üniversitede üst düzey görevler üstlendi.

Röntgen gazlar, ısı iletimi ve ışık da dahil, fiziğin birçok farklı alanında araştırmalar yaptı. Ama en çok X-ışını araştırmalarıyla tanınır ve bu çalışmalarından ötürü 1901'de fizik alanında ilk Nobel Ödülü'yle ödüllendirildi. Patent alarak X-ışınlarının potansiyel kullanım alanını sınırlandırmak istemedi; buluşlarının insanlığa ait olduğunu söyledi, Nobel Ödülü parasını bağışladı. Birçok çağdaşından farklı olarak Röntgen, ışınım çalışmalarında koruyucu kurşun kalkanlar kullandı. 77 yaşında alakasız bir kanserden öldü.

Önemli eserleri

1895 *On a New Kind of Rays*
1897 *Additional Observations on the Properties of X-rays*



YER'İN İÇİNİ GÖRMEK
RICHARD DIXON OLDHAM (1858–1936)

KISACA

BİLİM DALI
Jeloloji

ÖNCE
1798 Henry Cavendish Yer'in yoğunluğuyla ilgili hesaplamalarını yayımlar. Değer, yüzey kayaçların yoğunluğundan fazladır; bu da Yer'in daha yoğun malzemeler içermesi gerektiğini gösterir

1880 Britanyalı jeolog John Milne modern sismolojiyi icat eder.

1887 Britanya Kraliyet Derneği, dünya çapında 20 deprem gözlemevine fon sağlar.

SONRA
1909 Hırvat sismolog Andrija Mohorovicic, Yer'in kabuğu ile manto arasındaki sismik sınırı saptar.

1926 Harold Jeffreys, Yer'in çekirdeğinin sıvı olduğunu iddia eder.

1936 Inge Lehnmann Yer'in katı bir iç çekirdeği ve erimiş bir dış çekirdiği olduğunu öne sürer.



Depremlerin neden olduğu sarsıntı, sismograf kullanılarak saptanabilen sismik dalgalar biçiminde yayılır. Richard Dixon Oldham 1879 ile 1903 yılları arasında Geological Survey of India'da (GSI –Hindistan Jeolojik Araştırma Kurumu) çalışırken, 1897'de Assam'ı vuran bir depreme ilişkin bir inceleme yazdı. Burada levha tektoniği teorisine en büyük katkısını yaptı. Oldham sarsıntının üç devinim fazı olduğunu fark etti ve bunları üç farklı dalga tipiyle ifadelendirdi. Bu dalgalardan ikisi Yer'in içine yayılan"cisim" dalgalarıydı. Üçüncü tip ise, Yer'in yüzeyi etrafında yayılan bir dalgaydı.

Oldham'ın saptadığı cisim dalgaları bugün P dalgaları ve S dalgaları (birincil ve ikincil dalgalar – bir sismografa geliş sırası) olarak bilinir. P dalgaları boyuna dalgalardır; dalga geçerken, kayaçlar dalgaların yol aldığı yönde ileri ve geri hareket eder. S dalgaları enine dalgalardır (su yüzeyindeki dalgalar gibidir); kayaçlar dalga yönünün yanlarına doğru hareket eder. P dalgaları S dalgalarından daha hızlı yol alır ve katılardan, sıvılardan ve gazlardan geçebilir.

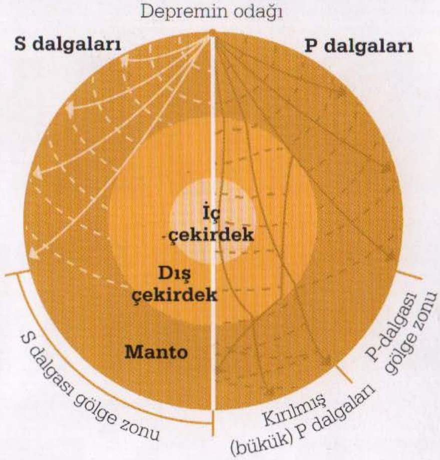
Ayrıca bkz. James Hutton 96–101 ▪ Nevil Maskelyne 102–03 ▪ Alfred Wegener 222–23

S dalgaları yalnızca katı maddelerden geçebilir.

Gölge zonları

Oldham daha sonra dünyada birçok depremin sismograf kayıtlarını inceledi ve deprem yerinden Yer'in etrafına kısmen uzanan bir P-dalgası "gölge zonu" bulunduğunu fark etti. Bu zonda bir depremin P dalgaları zor tespit edilmekteydi. Oldham, sismik dalgaların Yer'in içinde yol alma hızının kayaçların yoğunluğuna bağlı olduğunu biliyordu. Derinlikle birlikte kayaç özelliklerinin değiştiği ve bundan kaynaklanan hız değişikliklerinin kırılmaya neden olduğu sonucuna vardı (dalgalar kavisli bir yol izliyordu). Dolayısıyla gölge zonuna, Yer'in derinliklerinde kayaç özelliklerinde ani bir değişik neden olur.

Bugün biliyoruz ki, S dalgaları için çok daha geniş bir gölge zonu vardır; deprem odağının karşısındaki yarımkürenin çok büyük bir bölümüne yayılır. Bu durum, mantodan çok farklı özellikleri olan bir Yer içine işaret eder. 1926'da Amerikalı jeofizikçi Harold Jeffreys, S dalgalarından bu kanıtı kullanarak, S dalgaları sıvılardan geçemediği için, Yer'in çekirdeğinin sıvı olduğunu öne sürdü. P-dalgası gölge zonu tamamen "gölgeli" değildir; çünkü bir miktar P dalgası burada tespit edilir. 1936'da Danimarkalı sismolog Inge Lehmann bu P dalgalarını, katı bir iç çekirdekten yansımalar olarak yorumladı. Bugün kullandığımız Yer modeli şudur: Etrafı sıvıyla çevrili katı bir iç çekirdek, sonra manto ve onun üzerinde kayaç kabuk. ■



Bu deprem modeli Yer'in içinden geçen sismik dalgaları ve birincil (P) dalgalar ile ikincil (S) dalgaların "gölge zonları"nı gösterir.

Richard Dixon Oldham

1858'de Dublin'de doğan ve Geological Survey of India (GSI) müfettişinin oğlu olan Richard Dixon Oldham Kraliyet Madencilik Okulunda okuduktan sonra, GSI'ye girdi ve sırası gelince müfettiş oldu.

GSI'nin esas işi, kayaç tabakalarının haritasını çıkarmaktı; ama Hindistan'daki depremlerle ilgili ayrıntılı raporlar da derledi ve Oldham en çok bu çalışmasıyla tanınır. 1903'te sağlık nedeniyle emekliye ayrıldı ve Birleşik Krallık'a dönüp, 1906'da Yer'in çekirdeğiyle ilgili düşüncelerini yayımladı. Londra Jeoloji Derneği tarafından Lyell Madalyasıyla ödüllendirildi ve Kraliyet Derneği üyesi yapıldı.

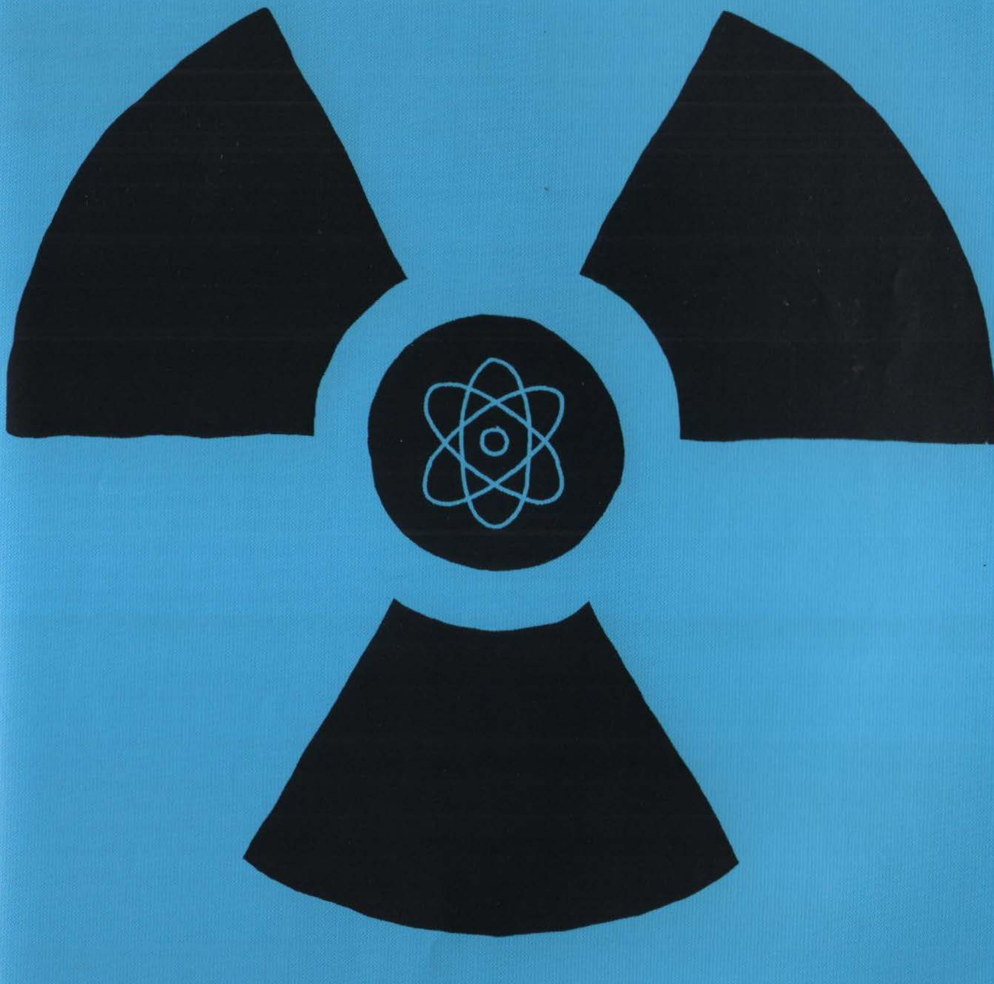
Önemli eserleri

1899 *Report of the Great Earthquake of 12th June 1897*
1900 *On the Propagation of Earthquake Motion to Great Distances*
1906 *The Constitution of the Interior of the Earth*

> Uzak depremlerin hissedilmeyen devinimini kaydeden sismograf, Yer'in içini görüp doğasını belirlememizi olanaklı kılar.
> **Richard Dixon Oldham**

RADYOAKTİVE ELEMENTLERİN ATOM ÖZELLİĞİDİR

MARIE CURIE (1867–1934)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1895 Wilhelm Röntgen X-ışınlarının özelliklerini araştırır.

1896 Henri Becquerel uranyum tuzlarının nüfuz edici ışınım yaydığını keşfeder.

1897 J. J. Thomson katot ışınlarının özelliklerinin araştırırken elektronu keşfeder.

SONRA
1904 Thomson "erikli puding" atom modelini önerir.

1911 Ernest Rutherford ve Ernest Marsden atomun "çekirdek model"ini önerir.

1932 Britanyalı fizikçi James Chadwick nötronu keşfeder.

Birçok önemli bilimsel keşif gibi, ışınım (radyasyon) da kazayla bulundu. 1896'da Fransız fizikçi Henri Becquerel fosforesanı araştırıyordu; bir madde, üzerine ışık düşünce farklı renkte ışık yaymaktaydı. Becquerel, bir yıl önce Wilhelm Röntgen'in keşfettiği X-ışınlarını fosforesan minerallerin de yayıp yaymadığını bilmek istiyordu. Bunu anlamak için, bu minerallerden birini kalın siyah kâğıda sarılmış bir fotoğraf filminin üzerine yerleştirdi ve ikisini Güneşe tuttu. Deney işe yaradı – plaka karardı; mineral X-ışını yaymış gibi göründü. Becquerel, metallerin, plakanın kararmasına neden olan "ışınları" bloke edeceğini de gösterdi. Ertesi gün hava bulutluydu, bu nedenle deneyi tekrarlayamadı. Fotoğraf filmi üzerindeki minerali bir çekmeceye koydu; ama plaka, günışığı olmadan da karardı. Mineralin bir iç enerji kaynağına sahip olması gerektiğini anladı; bu enerjinin, kullandığı mineraldeki uranyum atomlarının bozulmasının sonucu olduğu anlaşıldı. Radyoaktiviteyi tespit etmişti.

> Bu noktada uranyum ve toryum elementlerinin ortaya koyduğu maddenin bu yeni özelliğini tanımlamak için yeni bir terim bulmak zorunluydu. Ben radyoaktivite sözcüğünü önerdim.
> **Marie Curie**

Atomların ürettiği ışınlar

Becquerel'in buluşundan sonra, onun Polonyalı doktora öğrencisi Marie Curie bu yeni "ışınları" araştırmaya karar verdi. Bir elektrometre –elektrik akımlarını ölçme aleti– kullanarak, uranyum içeren bir mineral örneğinin etrafındaki havanın elektrik ilettiğini buldu. Elektriksel etkinliğin düzeyi mineralin (uranyumdan başka elementlerde içermekteydi) toplam kütlesine

Marie Curie



Maria Salomea Sklodowska 1867'de Varşova'da doğdu. O sırada Polonya Rus yönetimi altındaydı ve kadınların yüksek eğitim almasına izin verilmiyordu. Pariste tıp okuyan kız kardeşine mali yardımda bulunmak için çalıştı ve 1891'de kendisi de Paris'e taşınıp matematik, fizik ve kimya dersleri aldı. 1895'te meslektaşı Pierre Curie ile evlendi. 1897'de kızı doğunca aileyi geçindirmek için öğretmenlik yapmaya başladı; ama ahırdan dönüştürülmüş bir barakada Pierre'le birlikte araştırmalarını sürdürdü. Pierre öldükten sonra, Paris Üniversitesindeki kürsüsünü kabul etti ve bu göreve gelen ilk kadın oldu. Aynı zamanda Nobel Ödülü alan ilk kadın ve iki kez Nobel Ödülü alan ilk kişiydi. I. Dünya Savaşı sırasında radyoloji merkezlerinin kurulmasına yardım etti. 1934'te olasılıkla uzun süre ışınıma maruz kaldığı için kansızlıktan öldü.

Önemli eserleri

1898 *Emissions of Rays by Uranium and Thorium Compounds*
1935 *Radioactivity*

Ayrıca bkz. Wilhelm Röntgen 186–87 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ J. Robert Oppenheimer 260–65

değil, yalnızca var olan uranyum miktarına bağlıydı. Bu durum, radyoaktivitenin uranyum ile diğer elementler arasındaki tepkimeden değil, bizzat uranyum atomlarından geldiğine inanmasına yol açtı.

Curie uranyum içeren bazı minerallerin uranyumdan daha fazla radyoaktif olduğunu kısa sürede anladı ve bu minerallerin başka bir madde –uranyumdan daha aktif– içerip içermediğini merak etti. 1898'e gelindiğinde toryumun da radyoaktif bir element olduğunu saptamıştı. Bulgularını bir tebliğle Bilimler Akademisine sunmaya koştu; ama toryumun radyoaktif özelliklerinin keşfi ondan önce yayımlanmıştı.

Uranyumlu mineraller **ışık olmadığında bile** fotoğraf filmlerini karartan **ışınım yayar.**

↓

Uranyumlu minerallerden kaynaklanan **ışınım miktarı** yalnızca var olan **uranyum niceliğine bağlıdır.**

↓

Bu nedenle **ışınım uranyum atomlarından** kaynaklanmalıdır.

↓

Radyoaktive elementlerin atomsal bir özelliğidir.

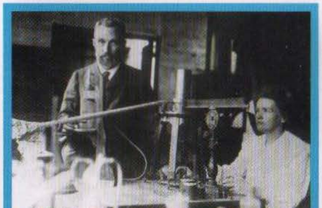
Bilim çifti

Curie ve kocası Pierre uranyum bakımından zengin peşblend ve kalkolitin yüksek aktivitesinden sorumlu ek radyoaktif elementler keşfetmek için birlikte çalıştılar. 1898'in sonunda polonyum (memleketi Polonya'ya izafeten) ve radyum adını verdikleri iki yeni elementin keşfini duyurmuşlardı. İki elementin saf örneklerini elde ederek keşiflerini kanıtlamaya çalıştılar; ama ancak 1902'de bir ton peşblendden 0,1 g radyum klorit elde ettiler.

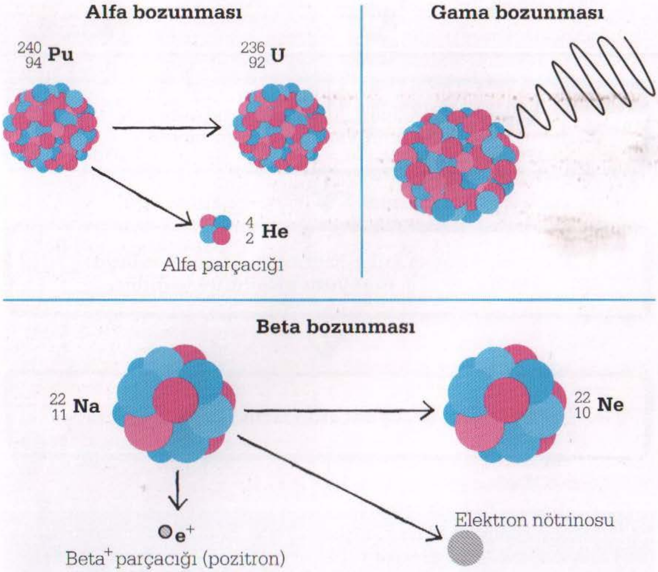
Bu süre içinde Curie'ler düzinelerce bilimsel tebliğ yayımladı; bunlardan biri de, radyumun tümörleri yok etmeye yardımcı olabildiğine ilişkin keşfilerinin ana hatlarını çizmekteydi. Bu buluşların patentini almadılar; ama 1903'te ikisi, Becquerel ile birlikte, Nobel Fizik Ödülüyle ödüllendirildi. Marie, 1906'da kocasının ölümünden sonra bilimsel çalışmalarına devam etti ve 1910'da radyumun saf bir örneğini yalıtmayı başardı. 1911'de Nobel Kimya Ödülünü aldı ve iki ödül kazanan ya da paylaşan ilk kişi oldu.

Yeni atom modeli

Curie'nin ışınımı keşfi, Yeni Zelanda doğumlu iki fizikçinin, Ernest Rutherford ile Ernest Marsden'in 1911'de kendi yeni atom modellerini formüle etmelerinin yolunu açtı; ama ancak 1932'de İngiliz fizikçi James Chadwick nötronları keşfetti ve ışınım süreci tam olarak açıklanabildi. Nötronlar ve pozitif yüklü protonlar bir atomun çekirdiğini oluşturan atom-altı parçacıklardır; çekirdeğin etrafında dönen negatif yüklü elektronlar da vardır. Protonlar ve nötronlar atom kütlesinin neredeyse tamamını oluşturur. Tikel bir elementin atomlarının her zaman aynı sayıda protonu vardır, ama farklı sayıda nötronları olabilir. Farklı sayıda nötrona sahip atomlara elementin izotopları denilir. Örneğin bir uranyum atomunun çekirdeğinde her zaman 92 proton vardır, ama 140 ile 146 arasında nötronu olabilir. Bu izotoplar, protonların ve nötronların



Marie ve Pierre Curie'nin özel bir laboratuvarları yoktu. Çalışmalarının çoğunu, Paris Üniversitesinin Fizik ve Kimya Okulunun yanındaki bir barakada yürüttüler.



Radyoaktif bozunma üç şekilde gerçekleşebilir. Plütonyum-240 (sol üstte) bozunup uranyum ve bir alfa parçacığı meydana getirir. Bu, alfa bozunmasının bir örneğidir. Beta bozunması sırasında sodyum-22 bozunup, neon, bir beta parçacığı (bu örnekte bir pozitron) ve bir nötrino meydana getirir. Gama bozunmasında yüksek enerjili bir çekirdek gama ışınımı verir, ama parçacık vermez.

toplam sayısına göre adlandırılır; bu yüzden, 146 nötronlu en yaygın uranyum izotopu, uranyum-238 (yani 92+146) olarak yazılır.

Uranyum gibi birçok ağır metalin kararsız olan çekirdekleri vardır ve bu durum, kendiliğinden radyoaktif bozunuma yol açar. Ruthenford radyoaktif elementlerin yayınımlarına alfa, beta ve gama ışınları adını verdi. Bir çekirdek bir alfa parçacığı, bir beta parçacığı ya da gama ışınımı yayarak daha kararlı olur. Bir alfa parçacığı iki proton ile iki nötrondan oluşur. Beta parçacıkları, bir proton nötrona ya da nötron protona dönüşünce çekirdekten yayılan elektron ya da onların karşıtı positron olabilir. Hem alfa hem beta bozunması, bozunan atomun çekirdeğindeki proton sayısını değiştirir; bu nedenle farklı bir elementin atomu haline gelir. Gama ışınları yüksek enerjili bir kısa dalga elektromanyetik ışınım biçimidir ve elementin doğasını değiştirmez.

Radyoaktif bozunma nükleer reaktörlerin içinde gerçekleşen fisyon sürecinden ve Güneşe enerji veren füzyon sürecinden farklıdır. Fizyonda uranyum-235 gibi kararsız çekirdekler nötron bombardımanına tutulur ve parçalanıp çok daha küçük atomlar oluşturur; bu süreçte enerji açığa çıkar. Füzyonda iki küçük çekirdek birleşip daha büyük bir çekirdek oluşturur. Füzyon da enerji salar; ama sürecin başlaması büyük sıcaklıkları ve basınçları gerektirdiği için, bilim insanları füzyonu ancak nükleer silah biçiminde başarabildi. Şimdiye kadar elektrik üretmek için nükleer füzyon kullanma çabaları, ürettiği enejiden fazlasını tüketmektedir.

Yarılanma süresi

Radyoaktif bir madde bozununca, radyoaktif elementin atomları diğer elementlere geçer ve böylece kararsız atomların sayısı zamanla azalır. Ne kadar az kararsız atom varsa, o kadar az radyoaktivite üretilir. Radyoaktif bir izotopun etkinliğinde azalma, yarılanma süresiyle ölçülür. Bu, etkinliğin yarıya inmesi için geçen zamandır; yani bir örnekteki kararsız atom sayısının yarıya inmesi için geçen zamandır. Örneğin izotop teknesyum-99m tıpta yaygın olarak kullanılır ve 6 saatlik bir yarılanma süresi vardır. Yani hastaya bir doz enjekte edildikten 6 saat sonra, etkinlik ilk düzeyinin yarısına inecektir; enjeksiyondan 12 saat sonra etkinlik başlangıç düzeyinin dörtte biri olacaktır ve böyle devam eder. Uranyum-235'in ise 700 milyon yıldan fazla bir yarılanma süresi vardır.

Radyoaktif tarihleme

Yarılanma süresi düşüncesi mineralleri ya da başka maddeleri tarihlendirmek için kullanılabilir. Yarılanma süreleri bilinen birçok farklı radyoakif elemente bu amaçla kullanılabilir, ama en iyi bilinenlerden biri karbondur. Karbonun en yaygın izotopu, her atomunda 6 proton ve 6 nötron bulunan karbon-12'dir. Karbon-12, Yerde bulunan karbonun yüzde 99'unu oluşturur ve kararlı bir çekirdeği vardır. Karbonun küçük bir oranı, fazladan iki nötronu bulunan karbon-14'tür. Bu kararsız izotopun 5730 yıllık bir yarılanma süresi vardır. Üst atmosferde nitro-

jien kozmik ışın bombardımanına maruz kadığı için, sürekli karbon-14 üretilir. Yani, atmosferde karbon-12'nin karbon-14'e görece sabit bir oranı vardır. Fotosentez yapan bitkiler atmosferden karbondioksit aldığı ve yiyeceklerimiz bitkilerden (ya da bitki yiyen hayvanlardan) oluştuğu için, karbon-14 sürekli bozunmasına rağmen, canlı bitki ve hayvanlarda da görece sabit bir oran vardır. Bir organizma öldüğü zaman, vücuduna artık karbon-14 alınmaz, ama orada zaten var olan karbon-14 bozunmaya devam eder. Bilim insanları vücuttaki karbon-12'nin karbon-14'e oranını ölçerek, organizmanın ne kadar süre önce öldüğünü çıkarabilir.

Bu radyometrik yöntem ağacı, kömürü, kemiği ve kabukları tarihlendirmek için kullanılır. Karbon izotopu oranlarında doğal çeşitlilik vardır; ama tarihlerin, ağaç halkaları gibi diğer tarihlendirme yöntemleriyle ve benzer yaşta nesnelere uygulanan düzeltmelerle sağlaması yapılabilir.

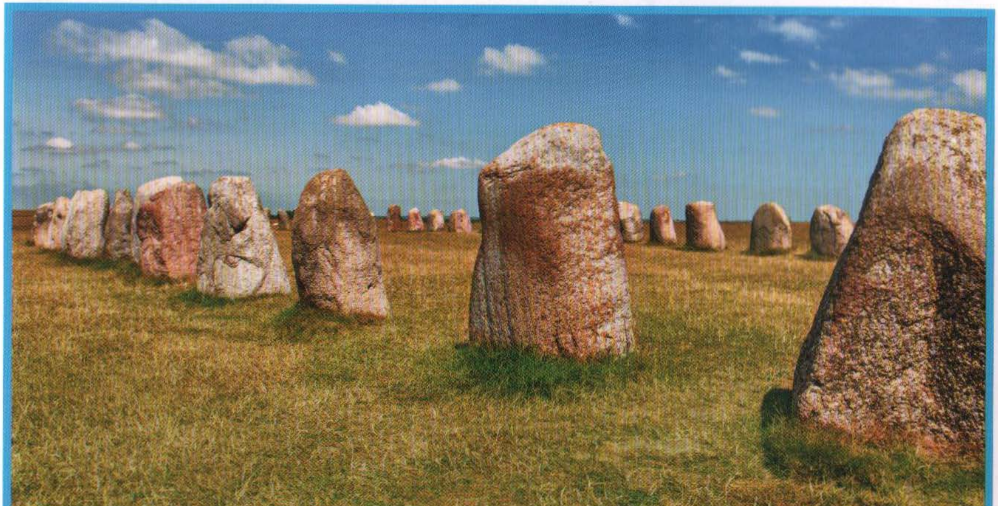
> Curie laboratuvarı... bir ahır ile bir patates mahzeni arasındaki girişti, üzerinde kimyasal aygıtlar bulunan çalışma masasını görmeseydim, şaka zannederdim.
> **Wilhelm Ostwald**

Harika bir tedavi

Curie radyoaktivitenin tıbbı yararları da olduğunu anladı. I. Dünya Savaşı sırasında, küçük bir miktar radyum kullanıp radon gazı (radyum bozununca ortaya çıkan radyoaktif bir gaz) üretmek için elde etti. Bu gaz cam bir tüpün içine kapatıldı ve hastalıklı dokuyu öldürmesi için hastaların vücuduna sokuldu. Bu, harika bir tedavi olarak görüldü; hatta yaşlanan cildi sıkılaştırmaya yardımcı olarak güzellik tedavisinde de pazarlandı. Ondan sonra kısa yarılanma süreli malzeme kullanmanın önemi kabul edildi.

Radyoaktif izotoplar hastalıkları teşhis etmek için tıbbi görüntülemede ve kanser tedavisinde de yaygın kullanılır. Cerrahi aletleri mikroptan arındırmak ve yiyeceklerin raf ömrünü uzatmak için gama ışınları kullanılır. Metal nesnelerin içini kontrol etmek, çatlakları saptamak ya da kaçakçılığı saptamak amacıyla yük konteynırlarının içini kontrol etmek için gama ışını yayıcılar kullanılır. ■

İsveç'te Ale taşlarının dikilişi, alanda bulunan ağaç aletlerin radyometrik tarihlendirilmesiyle MS 600'e tarihlendi. Gerçek taşlar yüz milyonlarca yıl daha yaşlıdır.





BULAŞICI BİR CANLI AKIŞKAN

MARTINUS BEIJERINCK (1851–1931)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1870'ler ve 80'ler Robert Koch ve diğerleri tüberküloz ve kolera gibi hastalıkların nedeni olarak bakterileri saptar.

1886 Alman bitki biyologu Adolf Mayer tütün mozaik hastalığının bitkiden bitkiye geçebildiğini gösterir.

1892 Dimitri İvanovski en ince sırsız porselen filtrelerden geçen tütün bitkisi özsuyunun yine de enfeksiyon taşıdığını gösterir.

SONRA
1903 İvanovski enfekte konak hücrelerde mikroskopik "kristal inklüzyonları" rapor eder, ama çok küçük bakteri olduklarından kuşkulanır.

1935 ABD'li biyokimyacı Wendell Stanley tütün mozaik virüsünün yapısını inceler ve virüslerin büyük kimyasal molekül olduklarını anlar.

Tütün mozaik hastalığı **bir enfeksiyonun özelliklerini** gösterir ama...

↓

bakteri yakalayan **filtreler yakalamıyor ve bulaşmayı** önlemiyor, o halde bakteri olamaz.

↓

Ayrıca bakterilerden farklı olarak **enfeksiyöz etken** laboratuvar jellerinde ya da et sularında değil, **yalnızca canlı bir konakta** büyür.

↓

O halde neden olan etken farklı ve daha küçük olmalıdır; yeni bir adı hak eder – **virüs.**

Bugün "virüs" sözcüğünü tıbbi bir terim olarak duymayan yoktur ve birçok kişi, en küçük zararlı etken ya da mikrop olduklarını ve insanlarda, hayvanlarda, bitkilerde ve mantarlarda enfeksiyonlara neden olduklarını biliyor.

Oysa 19. yüzyılın sonunda virüs terimi bilime ve tıbba yeni giriyordu. 1898'de Hollandalı mikrobiyolog Martinus Beijerinck bulaşıcı hastalığa neden olan yeni bir ajan kategorisi önerdi. Beijerinck'in bitkileri özel bir ilgisi ve mikroskopiye özel bir yeteneği vardı. Yapraklarda renk bozucu lekeler oluşturan ve tütün sanayine zarar veren mozaik hastalığına yakalanan tütün bitkileriyle deneyler yaptı. Elde ettiği sonuçlar onu virüs terimini –toksik ya da

Ayrıca bkz. Friedrich Wöhler 124–25 ▪ Louis Pasteur 156–59 ▪ Lynn Margulis 300–01 ▪ Craig Venter 324–25

zehirli maddeler için arada bir kullanılan– hastalığa neden olan bulaşıcı etkenler için kullanmasına yol açtı.

O sırada Beijerinck'in bilim ve tıp alanındaki pek çok çağdaşı hâlâ bakterileri anlamakla uğraşıyordu. Louis Pasteur ve Alman hekim Robert Koch bakterileri 1870'lerde ilk kez yalıtmış ve hastalığa neden olduklarını saptamıştı ve sürekli yenileri keşfediliyordu.

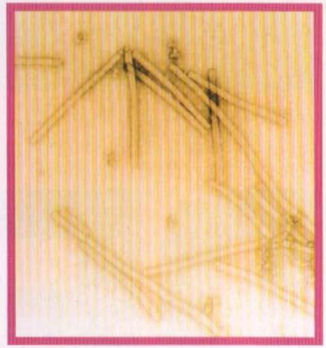
O sırada bakterileri test etmenin yaygın yöntemi, kuşkulanılan bulaşıcıyı içeren sıvıyı çeşitli filtrelerden geçirmekti. En ünlü filtrelerden biri, 1884'te Pasteur'un arkadaşı Charles Chamberland'ın keşfettiği Chamberland filtresiydi. Bakteri kadar küçük parçacıkları yakalamak için minik gözenekli sırsız porselen süzgeçleri kullanıyordu.

Filtrelenemeyecek kadar küçük

Birçok araştırmacı, hastaya geçebilen bakterilerden daha küçük bir enfeksiyöz ajan sınıfı olduğundan kuşkulanmıştı. 1892'de Rus botanikçi Dimitri İvanovski tütün mozaik hastalığı üzerinde testler gerçekleştirip, hastalığın enfeksiyon ajanının filtrelerden geçtiğini gösterdi. Bu olayda ajanın bakteri olamayacağını saptadı; ama ajanın ne olabileceğini bulmak için daha fazla araştırma yapmadı.

Beijerinck, Ivanovski'nin deneyini tekrarladı. O da, yapraklardan sıkılan su filtrelendikten sonra bile, tütün mozaik hastalığının varlığını sürdürdüğünü saptadı. Aslında, başlangıçta hastalık nedeninin, contagium *vivum fluidium* (bulaşıcı canlı akışkan) dediği bizzat akışkanın kendisi olduğunu sandı. Akışkanda taşınan bulaştırıcının ne besleyici laboratuvar jellerinde ya sularında ne de konak organizmada yaşayabildiğini de gösterdi. Çoğalıp hastalığı yayması için kendi özel konağına bulaşması gerekiyordu.

Virüsler o zamanın ışık mikroskaplarıyla görülmemelerine, bilinen laboratuvar kültürü yöntemleriyle yetiştirilememelerine ya da herhangi bir standart mikrobiyolojik teknikler saptanamalarına rağmen, Beijerinck gerçekte var olduklarını ortaya çıkardı. Hastalığan neden olduklarında ısrar ederek, mikrobiyolojiyi ve tıp bilimini yeni bir alana zorladı. Ancak 1939'da elektron mikroskobunun yardımıyla tütün mozaik virüsü fotoğrafı çekilen ilk virüs oldu. ■



Bu elektron mikroskobu görüntüsü tütün mozaik virusunun 160.000 kez büyütülmüş parçacıklarını gösterir. Görünürlüklerini arttırmak için parçacıklar renklendirilmiş.

Martinus Beijerinck



Biraz içine kapanık olan Martinus Beijernick tek başına laboratuvara kapanıp saatlerce deney yapardı. 1851'te Amsterdam'da doğdu ve Delft'te kimya ve biyoloji okuyup, 1872'de Leiden Üniversitesinden mezun oldu. Delft'te toprak ve bitki mikrobiyolojisine odaklanarak, 1890'larda tütün mozaik virüsüyle ilgili ünlü filtreleme deneylerini gerçekleştirdi. Bitkilerin havadan nitrojeni nasıl kapıp dokularıyla bütünleştirdiğini –toprağı zenginleştiren bir tür gübreleme sistemi– araştırmanın yanı sıra, bitki galleri, mayalarla ve diğer mikroplarla fermentasyon, mikropların beslenmesi ve kükürt bakterileri üzerine de çalıştı. Ömrünün sonuna geldiğinde uluslarası ölçekte tanınıyordu. 1965'te kurulan Beijerinck Viroloji Ödüleri, viroloji alanında iki yılda bir verilir.

Önemli eserleri

1895 *On Sulphate Reduction by* Spirillum desulfuricans
1898 *Concerning* a contagium vivum fluidium *as a Cause of the Spot-disease of Tobacco Leaves*

BİR PAR

DEĞİŞİKL

1900–1945

ADİGMA

LİĞİ

1900 — Max Planck **kesikli enerji paketlerini** ya da kuantumlarını tarif eder.

1905 — Albert Einstein **özel görelilik** üzerine makalesini yayımlar.

1906 — J. J. Thomson **elektronu keşfinden ötürü** Nobel Fizik Ödülünü alır.

1912 — Alfred Wegener **kıtaların kayması** teorisini önerir.

1915 — Thomas Hunt Morgan kalıtımın **kromozom** teorisini tanıtır.

1926 — Erwin Schrödinger **dalga mekaniğini** salar.

1927 — Werner Heisenberg **belirsizlik ilkesini** ortaya koyar.

1928 — Paul Dirac **kuantum elektrodinamiğini** tanıtır.

19. yüzyıl bilim insanlarının yaşam süreçlerine bakış tarzında köklü bir değişliğe tanık olurken, 20. yüzyılın ilk yarısı daha da büyük bir sarsıtı olacaktı. Isaac Newton'dan beri büyük ölçüde değişmeyen klasik fiziğin eski kesinlikleri bir tarafa atılmak üzereydi ve uzaya, zamana ve maddeye tam anlamıyla yeni bir bakış onun yerini alacaktı.

Yeni bir fizik

Fizikçiler klasik mekanik denklemlerinin saçma bazı sonuçlar ürettiğini görüyorlardı. Bir şeyin kökten yanlış olduğu belliydi. 1900'de Max Planck klasik denklemlere inatla direnen, bir "kara kutu"nun yaydığı ışıma spektrumu bilmecesini, elektromanyetizmanın kesintisiz dalgalar halinde değil kesikli paketler ya da "kuantumlar" halinde yol aldığını düşünerek çözdü. Beş yıl sonra, İsviçre Patent Dairesinde katip olarak çalışan Albert Einstein özel görelilik üzerine tebliğini çıkarıp, ışığın hızının sabit ve kaynağın ya da gözlemcinin hareketinden bağımsız olduğunu iddia etti. Einstein genel göreliliğin içerimlerini ayrıntısıyla inceledikten sonra, gözlemciden bağımsız mutlak bir zaman ve uzay kavramlarının öldüğünü, yerini kütlenin varlığına sarınıp kütleçekimi üreten bir tek uzay-zamana bıraktığını 1916'da bulmuştu. Einstein ayrıca madde ve enerjinin aynı olgunun veçheleri sayılması gerektiğini, birbirine dönüştürülebildiğini ve enerji ile kütlenin ilişkisini tarif eden denklemini $-E=mc^2-$ ortaya koymuş, atomların içine kilitli muazzam potansiyel enejiyi ima etmişti.

Dalga-parçacık ikiliği

Eski Evren tasviri için daha kötüsü yoldaydı. Cambridge'ta İngiliz fizikçi J. J. Thomson elektronu keşfedip, negatif yüklü ve herhangi bir atomdan en az bin kat daha küçük ve hafif olduğunu gösterdi. Elektronun özelliklerinin incelenmesi, yeni bilmeceler üretecekti. Işığın parçacık-benzeri özellikleri olduğu gibi, parçacıkların da dalga-benzeri özellikleri vardı. Avusturyalı Erwin Schrödinger, belli bir yerde ve durumda bir parçacık bulma olasılığını açıklayan bir dizi denklem hazırladı. Alman meslektaşı Werner Heisenberg yer ve momentum değerlerinde, başlangıçta bir ölçüm sorunu sanılan, ama daha sonra

1929 — Edwin Hubble **Evren'in genişlediğini** bulgular.

1930 — Subrahmanyan Chandrasekhar **kara delikleri** tarif eder.

1931 — Georges Lemaître Evren'in **ilksel bir atom** olarak başladığını öne sürer.

1934 — Fritz Zwicky **kara maddenin** varlığını önerir.

1935 — Konrad Lorenz **hayvan içgüdüsünün** temelini açıklar.

1936 — Alan Turing programlanabilir bir bilgisayar olan **Evrensel Turing Mekinesi**'ni tarif eder.

1939 — Linus Pauling **kimyayı** açıklamak için kuantum fiziği düşüncelerini kullanan *The Nature of the Chemical Bond*'u yazar.

1942 — J. Robert Oppenheimer atom bombası yapmayı amaçlayan **Manhattan Projesi**'ni üstlenir.

Evrenin yapısının temeli olduğu anlaşılan asli bir belirsizliğin var olduğunu gösterdi. Tuhaf bir resim ortaya çıkıyordu: Olasılık dalgaları biçiminde madde parçacıkları bulaşmış çarpık, göreli bir uzay-zaman.

Atomu bölmek

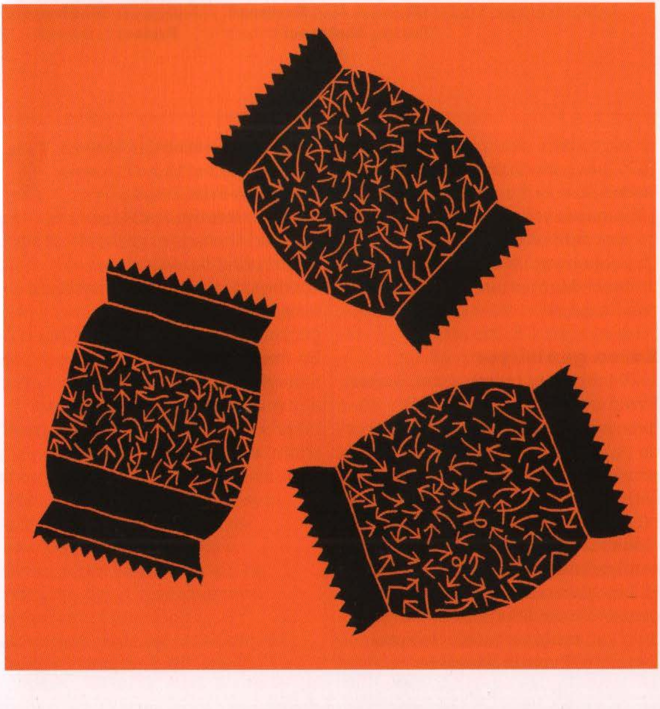
Yeni Zelandalı Ernest Rutherford ilk önce bir atomun büyük ölçüde uzaydan oluştuğunu, küçük, yoğun bir çekirdeği ve çekirdeğin etrafında dönen elektronları olduğunu gösterdi. Radyoaktivitenin belli biçimlerini bu çekirdeğin bölünmesi olarak açıkladı. Kimyacı Linus Pauling bu yeni atom resmini aldı ve kuantum fiziği düşüncelerini kullanıp, atomların birbirine nasıl bağlandığını açıkladı. Süreç içinde, kimya disiplininin aslında fiziğin bir alt bölümü olduğunu gösterdi. 1930'lara gelindiğinde fizikçiler atomdaki enerjiyi dışarıya çıkarmanın yolları üzerinde çalışıyorlardı ABD'de J. Robert Oppenheimer, ilk nükleer silahları üretecek Manhattan Projesinin başına geçti.

Evren genişliyor

1920'lere kadar bulutsuların, bilinen Evrenin tamamını kapsayan galaksimiz Samanyolu içinde toz ya da gaz bulutu oldukları sanılmaktaydı. Sonra Amerikalı astronom Edwin Hubble bu bulutsuların aslında uzak galaksi olduklarını keşfetti. Evren, aniden sanılandan çok daha büyük oldu. Hubble Evren'in her yönde genişlemekte olduğunu da buldu. Belçikalı rahip ve fizikçi Georges Lemaître, Evrenin ilksel bir atomdan genişlediğini önerdi. Bu, Büyük Patlama teorisi olacaktı. Astronom Fritz Zwisky "kara madde" terimini icat edip, Coma galaksi kümesinin, gözlemlenebilir yıldızlardan hareketle açıklayabildiğinden 400 kat daha fazla kütle içeriyor gibi görünmesinin nedenini açıkladı. Bu madde düşünüldüğü gibi olmadığı gibi, büyük bölümü algılanabilir bile değildi. Bilimsel bilgide hâlâ büyük delikler olduğu açıktı. ■

KUANTUMLAR KESİKLİ ENERJİ PAKETLERİDİR

MAX PLANCK (1858–1947)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE

1860 Kara cisim ışımasının dağılımı, teorik modellerin öngörülerine uymaz.

1870'ler Avusturyalı fizikçi Ludwig Boltzmann entropi (düzensizlik) analizi, kuantum mekaniğinin olasılıkçı bir yorumunu tanıtır.

SONRA

1905 Albert Einstein kuantum gerçek bir kendilik olduğunu öne sürer; Planck'ın kuantumlu ışık kavramını kullanarak foton düşüncesini tanıtır.

1924 Louis de Broglie maddenin hem bir dalga gibi hem bir parçacık gibi davrandığını kanıtlar.

1926 Erwin Schrödinger parçacıkların dalga davranışı için bir denklem formüle eder.

Aralık 1900'de Alman teorik fizikçi Max Planck süregelen bir çatışmayı çözmek için kendi yöntemini ortaya koyan bir tebliğ sundu. Bunu yaparken, fizik tarihinde en önemli kavramsal atılımlardan birini gerçekleştirdi. Planck'ın tebliği, Newton'ın klasik mekaniği ile kuantum mekaniği arasında bir dönüm noktasının işaretiydi. Newton mekaniğinin kesinliği ve belirginliği yerini, belirsiz, olasılıkçı bir Evren tarifine bırakacaktı.

Kuantum teorisinin kökleri termal ışınımın, aramızdaki hava soğuk olduğunda bile bir ateşten ısı hissetmemizin nedenini açıklayan olgunun araştırılmasına dayanır.

Ayrıca bkz. Ludwig Boltzmann 139 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33

Klasik mekanik ışınımı, **kesintisiz bir aralıkta** yayılıyormuş gibi ele alır.

↓

Ama **kara cisim ışınımının dağılımında saçma sonuçlara** ulaşılıyor.

↓

Sorun, ışınım **kesikli "kuantamlar"** şeklinde üretiliyormuş gibi ele alınarak **çözülür**.

↓

Işınım kesintisiz değildir, kesikli enerji kuantumları halinde yayılır.

Her nesne elektromanyetik ışınım soğurur ve yayar. Nesnenin sıcaklığı yükselirse, yaydığı ışınımın dalga boyu küçülür, frekansı artar. Örneğin, oda sıcaklığında bir topak kömür kızılaltı spektrumda görünür ışık frekansının altında enerji yayar. Emisyonu göremeyiz, bu yüzden kömür siyah görünür. Ama kömürü tutuşturduk mu, yüksek frekanslı ışınım yayar, ve bunlar görünür spektruma ayrıldıkça mat kırmızıya döner, sonra akkorlaşır ve en sonunda da parlak mavi bir renk alır. Yıldız gibi aşırı sıcak nesneler yine göremediğimiz daha da kısa dalgalı morötesi ışık ve X-ışınları yayar. Bu arada, bir cisim ışınım üretmenin dışında, ışınımı yansıtır da ve nesneler parladığında onlara rengini veren, bu yansıyan ışıktır.

1860'ta Alman fizikçi Gustav Kirchhoff, "kusursuz kara cisim" dediği idealleştirilmiş bir kavram düşündü. Bu, termal denge (ısınmama ya da soğumama) durumundayken üzerine düşen her frekansta elektromanyetik ışınımı emen ve kendisi herhangi bir ışınım yansıtmayan teorik bir yüzeydir. Bu cisimden çıkan termal ışınımın spektrumu "saftır"; çünkü hiçbir yansıma karışmaz – yalnızca cismin kendi sıcaklığının sonucu olur. Kirchhoff böyle bir "kara cisim ışınımının" doğada temel olduğuna inanıyordu – örneğin Güneş, yayılan spektrumu neredeyse tamamen kendi sıcaklığının sonucu olan bir kara cisim nesnesi olmaya yaklaşır. Bir kara cisimin ışık dağılımının incelenmesi, ışınımın bir cismin şekline ya da kimyasal bileşimine değil, yalnızca sıcaklığına bağlı olduğunu gösterecekti. Kirchhoff'un hipotezi, kara cisim ışınımını açıklayacak teorik bir çerçeve bulmayı amaçlayan yeni bir deneysel programı harekete geçirdi.

Entropi ve kara cisimler

Planck, klasik fizik kara cisim ışınımı dağılımının deneysel sonuçlarını açıklayamadığı için yeni kuantum teorisine ulaştı. Planck'ın çalışmalarının çoğu, bir "mutlak" olarak tanımladığı termodinamiğin ikinci yasasına odaklandı. Bu yasaya göre, yalıtık sistemler zaman içinde termodinamik bir denge durumuna (sitemin bütün parçalarının aynı sıcaklıkta olması) doğru hareket eder. Planck sistemin entropisini çıkararak bir kara cismin termal ışınım örüntüsünü açıklamaya kalkıştı. Entropi bir düzensizlik ölçüsüdür; ama daha kesin bir biçimde, bir sistemin kendini düzenleyebilme yollarının sayımı olarak tanımlanır. Bir sistemin

> Yeni bir bilimsel hakikat, karşıtlarını inandırarak ve ışığı görmelerini sağlayarak değil, daha çok... ona aşina yeni bir kuşak büyüdüğü için zafer kazanır.
> **Max Planck**

entropisi ne kadar yüksekse, sistemin düzenlenme ve aynı genel örüntüyü üretme yolları o kadar fazladır. Örneğin, havanın bütün moleküllerinin üst köşede birbirine kenetlenmeye başladığı bir oda düşünün. Odanın her santimetreküpünde kabaca aynı sayıda molekül olduğu için, moleküllerin düzenlenme yolları üst köşede onlara kalan yollardan çok daha fazladır. Zaman içinde sistemin entroposi arttıkça odaya eşit dağılırlar. Termodinamiğin ikinci yasasının bir köşetaşıda şudur: Entropi yalnızca bir yönde çalışır. Termal denge yolunda bir sistemin entropisi her zaman artar ya da sabit kalır. Planck bu ilkenin herhangi bir teorik kara cisim modelinde bariz olması gerektiğini düşündü.

Wien-Planck yasası

1890'larda Berlin'deki deneyler "kovuk ışınımı" denilen şeyi kullanarak Kirchhoff'un kusursuz kara cismine yaklaştı. Sabit bir sıcaklıkta tutulan bir kutuda küçük bir delik, bir kara cismin iyi bir yaklaşığıdır; çünkü kutuya giren her ışınım içeride tutular ve cismin yayınımları yalnızca sıcaklığının bir sonucudur.

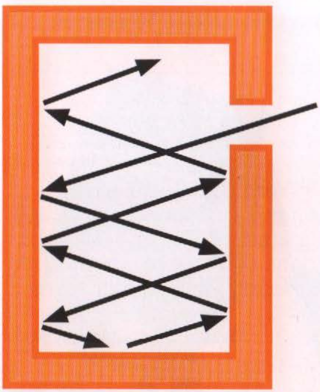
Deney sonuçları Planck'ın meslektaşı Wilhelm Wien için can sıkıcı oldu; çünkü kaydedilin düşük frekanslı yayınımlar onun ışınım denklemlerine hiç uymadı. Bir şey ters gitmişti. 1899'da Planck, bir kara cismin termal ışınım spektrumunu daha iyi tarif etmeye çalışan düzeltilmiş bir denkleme – Wien-Planck yasası– ulaştı.

Morötesi yıkım

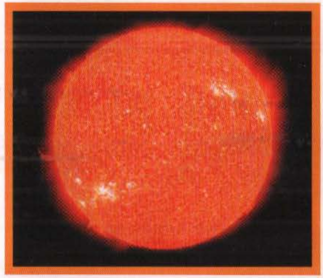
Bir yıl sonra Britanyalı fizikçiler Lord Rayleigh ve Sir James Jeans klasik fiziğin kara cisim yayınımında saçma bir enerji dağılımı öngördüğünü gösterince, bir meydan okuma daha geldi. Rayleigh-Jean Yasası, ışınımın frekansı arttıkça yaydığ ı enerjinin katlanarak artacağını öngörmekteydi. Bu "morötesi yıkım" deneysel bulgulara o kadar aykırıydı ki, klasik teori ciddi ölçüde yanlış olmalıydı. Doğru olsaydı, bir ampul yandı zaman öldürücü dozda bir morötesi ışınım yayılırdı.

Planck Rayleigh-Jeans Yasasından fazla rahatsız olmadı. Daha çok, düzeltilmiş biçimiyle bile verilere uymayan Wien-Planck Yasasıyla ilgileniyordu –bu yasa, nesnelerden termal ışınımın kısa dalga boylu (yüksek frekans) spektrumunu doğru tarif edebiliyordu, ama uzun dalga boylarını (düşük frekanslı) edemiyordu. Bu noktada Planck muhafazakârlığından koptu ve Ludwig Boltzmann'ın olasılıkçı yaklaşımına başvurup, kendi ışınım yasasının yeni bir ifadesine ulaştı.

Boltzmann, bir sistemi büyük bir bağımsız atomlar ve molekül koleksiyonu gibi düşünerek entropiye yeni bir bakışı formüle etmişti. Termodinamiğin ikinci yasası gerçerliliğini korurken, Boltzmann'ın okuması ona mutlak bir doğruluk değil, olasılıkçı bir doğruluk kazandırdı. Entropiyi, alternatiften ezici ölçüde daha olası olduğu için gözlemleriz. Bir tabak kırılır ama kendini yeniden yapmaz; ama tabağın tekrar bir araya gelmesini önleyen mutlak bir yasa yoktur –tekrar bir araya gelmesi yalnızca son derece uzak olasılıktır.



Küçük delikli bir kovuk delikten giren ışınımın çoğunu tutarak, ideal bir kara cisimin iyi bir yaklaşığını meydana getirir.



Hiçbir gerçek dünya nesnesi, kusursuz bir kara cisim değildir; ama Güneş, siyah kadife ve kömür katranı gibi siyah malzemeyle kaplı yüzeyler yaklaşır.

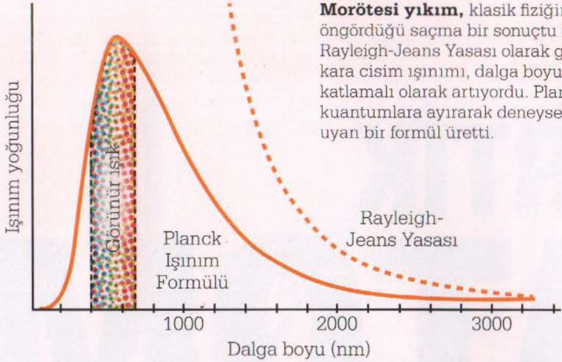
> Bilim doğanın nihai gizemini çözemez. Çünkü, son analizde biz, çözmeye çalıştığımız gizemin bir parçasıyız.
> **Max Planck**

Eylem kuantumu

Planck, Boltzmann'ın istatistiksel entropi yorumunu kullanarak, ışınım yasasının yeni bir ifadesine ulaştı. Termal ışınımın bireysel salıngaçlar tarafından üretildiğini kafasında canlandırığı için, verili bir enerjinin salıngaçlar arasında dağılma yollarını sayması gerekiyordu.

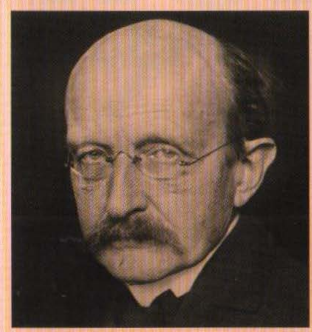
Bunu yapmak için, toplam enerjiyi sonlu sayıda kesikli enerji topaklarına ayırdı –kuantumlama denilen bir süreç. Planck yetenekli bir çelist ve piyanistti; bu kuantumları, bir müzik aletinin titreşen teli için sabit sayıda armoninin söz konusu olması gibi düşünmüş olabilir. Ortaya çıkan denklem basitti ve deneysel verilere uygundu. Enerji "kuantumlarını" ortaya çıkarmak sistemin kullanabileceği enerji durumlarının sayısını azalttı ve bunu yapmakla (amacı bu olmamasına rağmen) Planck, morötesi yıkımı çözdü. Kuantumlarını gerçek bir şey gibi değil, daha çok matematiksel bir zorunluluk gibi –bir "hile" olarak– düşündü. Ama Albert Einstein 1905'te fotoelektrik etkiyi açıklamak için bu kavramı kullandığında, kuantumların ışığın gerçek bir özelliği olduğunu ısrarla belirtti.

Kuantum mekaniğinin birçok öncüsü gibi Planck da, ömrünün geri kalan kısmını çalışmalarının sonuçlarını kabullenme mücadelesiyle geçirdi. Yaptığı şeyin devrimci etkisinden hiç kuşkusu yoktu, ama tarihçi James Frank'a göre, "kendi iradesine rağmen bir devrimciydi." Denklemlerinin sonuçlarını kendi zevkine uygun bulmadı; çünkü çoğu kez gündelik dünya deneyimlerimizle çatışan fiziksel gerçeklik tasvireri vermekteydi. Ama ne olursa olsun, Max Planck'tan sonra fizik dünyası kesinlikle aynı kalmadı. ■



Morötesi yıkım, klasik fiziğin öngördüğü saçma bir sonuçtu (burada Rayleigh-Jeans Yasası olarak gösterilen); kara cisim ışınımı, dalga boyu kısaldıkça katlamalı olarak artıyordu. Planck ışınımı kuantumlara ayırarak deneysel verilere uyan bir formül üretti.

Max Planck



1858'de kuzey Almanya'da Kiel'de doğan Planck okulda yetenekli bir öğrenciydi ve 17 yaşında mezun oldu. Münih Üniversitesinde fizik okumayı tercih etti ve orada kısa sürede kuantum fiziğinin bir öncüsü oldu. Olguları fiziksel bir gerçeklik olarak doyurucu bir biçimde açıklayamamasına rağmen, enerji kuantumlarını keşfiyle 1918'de Nobel Fizik Ödülünü aldı.

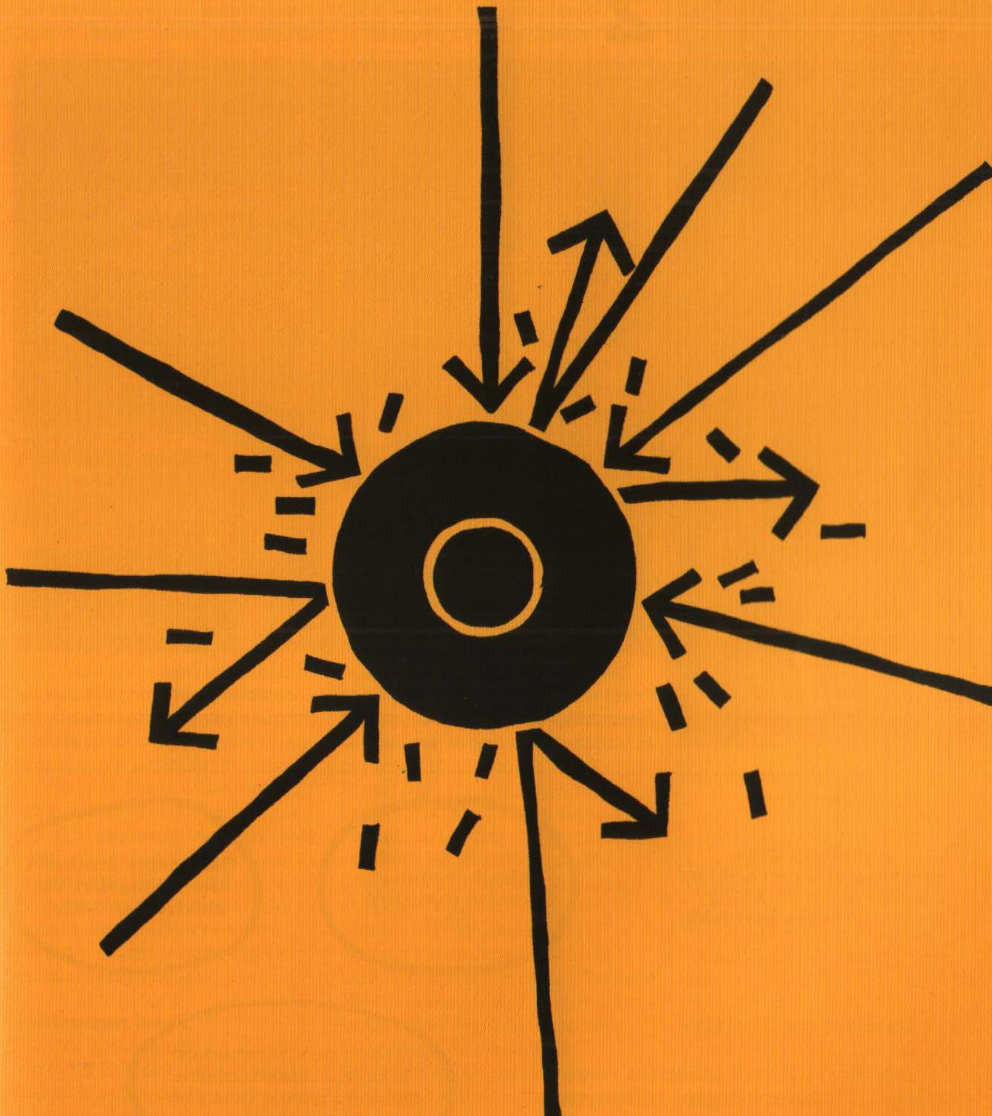
Planck'ın kişisel yaşamı trajediyle doluydu. İlk karısı 1909'da öldü ve en büyük oğlu I. Dünya Savaşı'nda öldürüldü. İkiz kızlarından ikisi de doğum yaparken öldü. II. Dünya Savaşı sırasında bir Müttefik bombası Berlin'deki evini ve evraklarını yok etti; savaşın son evrelerinde, sağ kalan oğlu Hitler'e suikast komplosuna karıştı ve idam edildi. Planck da savaştan hemen sonra öldü.

Önemli eserleri

1900 *Entropy and Temperature of Radiant Heat*
1901 *On the Law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum*

ARTIK ATOMUN NEYE BENZEDİĞİNİ BİLİYORUM

ERNEST RUTHERFORD (1871–1937)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
MÖ y.400 Yunan filozof Demokritos atomları maddenin katı, parçalanamaz yapı taşları olarak tasavvur eder.

1805 John Dalton'un atomik madde teorisi kimyasal süreçleri fiziksel gerçeklikle birleştirir ve atom ağırlıklarını hesaplamasına olarak verir.

1896 Nükleer ışınım Henri Becquerel tarafından keşfedilir ve atomun içyapısını açığa çıkarmak için kullanılır.

SONRA
1938 Otto Hahn, Fritz Strassman ve Lise Meitner atom çekirdeğini böldü.

2014 Çekirdeğe giderek daha fazla enerji yüklü parçacıklar ateşlemek, bir yığın yeni atom-altı parçacık ve antiparçacık açığa çıkarmaya devam eder.

20. yüzyılın başında maddenin temel bileşeninin –atomun– küçük parçalara ayrılabildiğinin keşfedilmesi, fizik için bir dönüm noktasıydı. Bu şaşırtıcı atılım maddenin nasıl yapıldığıyla, maddeyi ve Evren'i bir arada tutan kuvvetlerle ilgili düşünceleri kökten değiştirdi. Atom-altı düzeyde tamamen yeni bir dünyayı –etkileşimlerini tarif etmek için yeni bir fizik gerektiren bir dünyayı– ve son derece küçük bu alanı dolduran bir yığın küçük parçacığı açığa çıkardı.

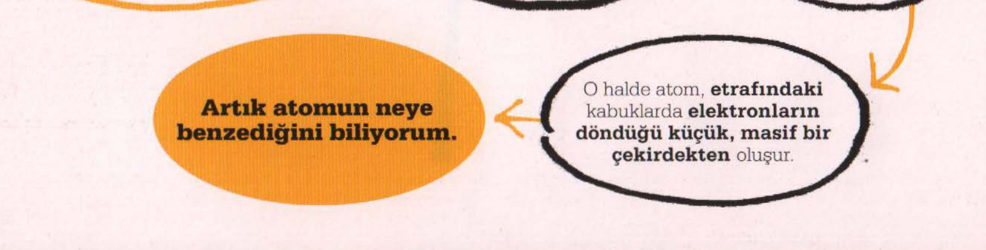
Atom teorilerinin uzun bir tarihi vardır. Yunan filozof Demokritos, her şeyin atomlardan oluştuğunu söyleyen ilk düşünürlerin düşüncelerin geliştirdi. Demokritos'a atfedilen Yunanca *atomos* sözcüğü bölünümez anlamına gelir ve maddenin temel birinlerine işaret eder. Demokritos, maddelerin kendilerini oluşturan atomları yansıtmaları gerektiğini düşünüyordu –bu nedenle demirin atomları katı ve sağlam, suyunkiler pürüzsüz ve kaygandır.

19. yüzyılın başında İngiliz doğa filozofu John Dalton, elementlerin (basit, bileşiksiz maddeler) her zaman basit, tam sayılı oranlarda nasıl birleştiklerini açıklayan katlı oranlar yasasına dayanan yeni bir atom teorisi önerdi. Dalton bunun, iki madde arasındaki kimyasal tepkimenin bireysel küçük bileşenlerin sayısız kez tekrarlanan kaynaşmasından başka bir şey olmadığı anlamına geldiğini gördü. Bu, ilk modern atom teorisiydi.

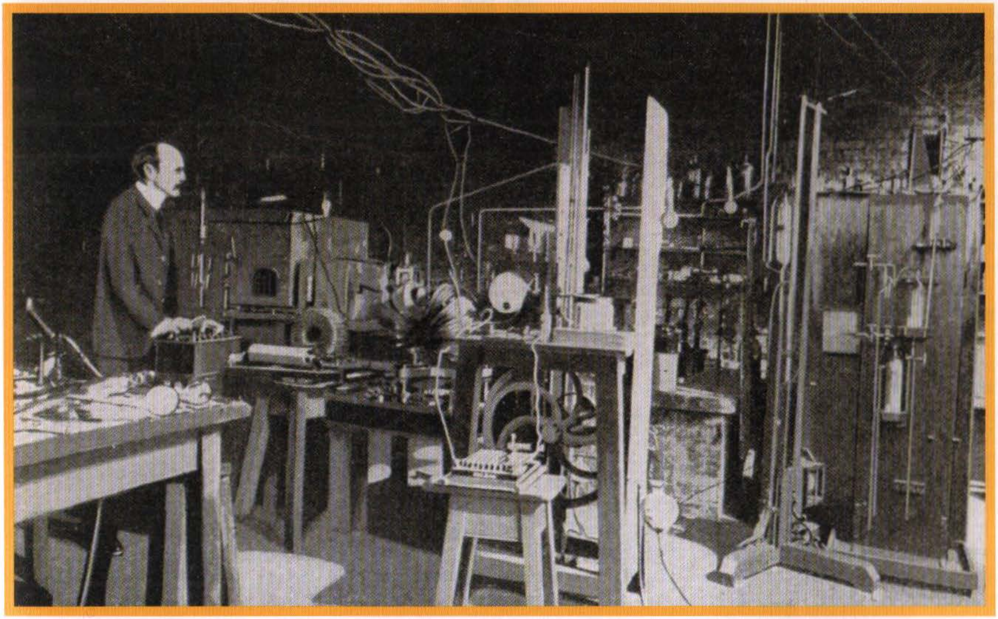
Kararlı bir bilim

19. yüzyılın sonunda fizikte kendi halinden memnun bir ruh hali fark edilebilirdi. Önde gelen bazı fizikçiler, meselenin neredeyse tamamen hallolduğu –bütün temel keşiflerin yapıldığı ve bundan sonraki programının, bilinen niceliklerin doğruluğunu "altıncı ondalık basamağa" kadar iyileştirme programı olduğu– anlamına gelen konuşmalar, duyurular yaptılar. Ne var ki, zamanın birçok fizikçisi daha iyisini biliyordu. Açıklamaya karşı koyan tamamen yeni ve tuhaf bir olgular kümesiyle karşı karşı oldukları belliydi.

1896'da, önceki yıl gizemli "X-ışınları"nı bulan Wilhelm Röntgen'in yolundan giden Henri Becquerel açıklaması olmayan bir ışınım (radyasyon) bulmuştu. Bu



Ayrıca bkz. John Dalton 112–13 ▪ August Kekulé 160–65 ▪ Wilhelm Röntgen 186–87 ▪ Marie Curie 190–95 ▪ Max Planck 202–05 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Linus Pauling 254–59 ▪ Murray Gell-Mann 302–07



J. J. Thomson, burada Cambridge laboratuvarında çalışırken resmediliyor. Thomson'un "erikli puding" atom modeli, yeni keşfedilen elektronları içeren ilk modeldi.

yeni ışınımlar neydi ve nereden geliyorlardı. Becquerel, doğru bir biçimde, bu ışınımın uranyum tuzlarının içinden geldiğini tahmin etti. Pierre ve Marie Curie radyum bozunumunu inceleyince, radyoaktif elementlerin içinde sabit ve görünürde tükenmez bir enerji kaynağı keşfettiler. Bu durum, fiziğin birçok temel yasasını ihlal ediyordu. Bu ışınımlar ne olursa olsun, mevcut modellerde büyük boşluklar olduğu açıktı.

Elektronun keşfi

Ertesi yıl Britanyalı fizikçi Joseph John (J. J.) Thomson, atomlardan topaklar koparabildiğini gösterince bir heyecan yarattı. Yüksek voltajlı katotlardan (negatif yüklü elektrotlar) yayılan "ışınları" araştırırken şunları gördü: Bu özel tür ışınım bireysel "taneciklerden" oluşuyordu, çünkü fosforesan bir perdeye çarpınca anlık, nokta-benzeri ışık kıvılcımlar yarattı; negatif yüklüydü, çünkü bir ışık demeti, bir elektrik alanı tarafından saptırıldı; aşırı derecede hafifti, ağırlığı en hafif atomun, hidrojen atomunun binde birinden azdı. Dahası, kaynak olarak hangi element kullanılırsa kullanılsın, taneciğin ağırlığı aynıydı. Thomson elektronu keşfetmişti. Bu sonuçlar, teorik olarak öngürülmemekteydi. Bir atom yüklü parçacıklar içeriyorsa, karşıt parçacıkların neden eşit kütlesi olmasın? Önceki atom teorilerine göre, atomlar katı topaktı. Maddenin en temel bileşeni olma statüsüne uygun olarak, tam, bütün ve kusursuzdu. Ama Thomson'un buluşu ışığında bakılınca, açıkça bölünebilirlerdi. Kısacası, bu yeni ışınımlar, bilimin madde ve enerjinin yaşamsal bileşenlerini anlayamadığı kuşkusuna yol açtı.

Erikli puding modeli

Thomson'un elektronu keşfi ona 1906 Nobel Fizik Ödülünü kazandırdı. Bulguları birleştirmek için kökten yeni bir atom modeline ihtiyaç olduğunu görecek bir teorisyendi. 1904'te verdiği yanıt,

"erikli puding" modeliydi. Atomların genel elektrik yükü yoktur ve yeni elektron kütlesi küçük olduğu için, Thomson pozitif yüklü daha büyük bir alanın atom kütlesinin büyük bölümünü içerdiğini ve elektronların, bir topak Noel pudinginin içindeki erikler gibi oraya gömülü olduğunu kabul etti. Aksini gösteren kanıt olmadığı için noktasal yüklerin, bir pudingin içindeki erikler gibi, atomun içine gelişigüzel dağıldıklarını varsaymak mantıklıydı.

Rutherford devrimi

Ne var ki, atomun pozitif yüklü parçaları kendilerini açığa vurmak istemiyordu ve atom çiftinin kayıp üyesinin yerini bulma avı başladı. Arayış, bütün elementlerin temel biriminin iç yapısının çok farklı bir görüntüsünü üretecek bir buluşla sonuçlandı.

Manchester Üniversitesinin fizik laboratuvarlarında Ernest Rutherford, Thomson'ın erekli puding modelini test etmek için bir deney tasarladı ve yönetti. Bu karizmatik Yeni Zelandalı, hangi ayrıntıların peşine düşülmesi gerektiğini sezen yetenekli bir deney insanıydı. Rutherford "Atomun Parçalanması Teorisi"yle 1908 Nobel Fizik Ödülünü almıştı.

> Bütün bilim ya fiziktir ya pul toplayıcılığıdır.
> **Ernest Rutherford**

Teori, radyoaktif elementlerden yayılan ışınımların, atomlarının parçalara ayrılmasından kaynaklandığını öne sürmekteydi. Kimyacı Frederick Soddy ile birlikte Rutherford, radyoaktivitenin bir elementin kendiliğinden başka bir elemente dönüşmesini gerektirdiğini göstermişti. Çalışmaları, atomun içini araştırıp orada ne olduğunu görmenin yeni yollarını gösterecekti.

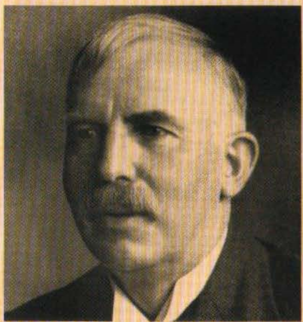
Radyoaktivite

Radyoaktiviteyle ilk kez Becquerel ve Curie'ler karşılaşmasına rağmen, bizim şimdi nükleer ışınım dediğimiz şeyin üç farklı tipini saptayan ve adlandıran kişi Rutherford'du. Bunlar yavaş hareket eden, ağır, pozitif yüklü "alfa" parçacıkları; hızlı hareket eden, negatif yüklü "beta" parçacıkları ve yüksek enerjili ama yüksüz "gama" ışınımı (s. 194). Rutherford bu farklı ışınım biçimlerini nüfuz etme güçlerine göre sınıflandırdı; en az nüfuz edici olan alfa parçacıklarını ince bir kâğıt bloke ederken, gama ışınları ancak kalın bir kurşunla durdurulabiliyordu. Atom dünyasını araştırmak için alfa parçacıklarını kullanan ilk kişiydi. Radyoaktif yarılanma süresi fikrinin ana hatlarını çizen ve "alfa parçacıkları"nın helyum çekirdekleri –elektronlarından yoksun atomlar– olduğunu keşfeten ilk kişiydi de.

Altın yaprak deneyi

1909'da Rutherford alfa parçacıklarını kullanarak maddenin yapısını araştırmaya koyuldu. Önceki yıl Alman Hans Geiger'le birlikte, çinko sülfit "sintilasyon ekranları" geliştirmişti; bu ekranlar, alfa parçacıklarının bireysel çarpışmalarını kısa parlak ışıltılar

Ernest Rutherford

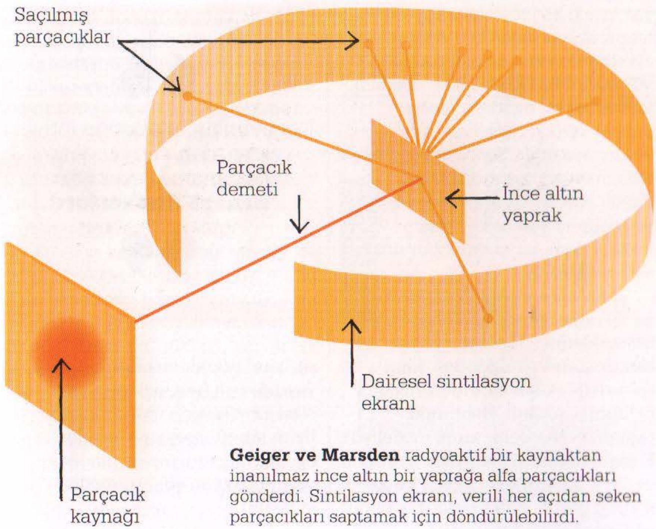


Yeni Zelanda kırsalında büyüyen Ernest Rutherford, J. J. Thomson'un Cambridge Üniversitesinde bir burs kazandığını bildiren mektubunu aldığında tarlalarda çalışıyordu. 1895'te Cavendish Laboratuvarı'nda araştırma görevlisi oldu; orada Thomson'le birlikte, elektronların keşfine yol açan deneyleri gerçekleştirdi. 1898'de 27 yaşında, Kanada'da Montreal'deki McGill Üniversitesinde profesör oldu. Kendisine 1908 Nobel Fizik Ödülünü kazandıran radyoaktivite çalışmalarını orada yürüttü.

Rutherford yetenekli bir yöneticiydi de ve ömrü boyunca en iyi üç fizik araştırma laboratuvarını yönetti. 1907'de Manchester Üniversitesinde fizik kürsünün başkanı oldu ve atom çekirdeğini orada keşfetti. 1919'da müdür olarak Cavendish'e döndü.

Önemli eserleri

1902 *The Cause and Nature of Radioactivity, I & II*
1909 *The Nature of the α Particle from Radioactive Substances*



Geiger ve Marsden radyoaktif bir kaynaktan inanılmaz ince altın bir yaprağa alfa parçacıkları gönderdi. Sintilasyon ekranı, verili her açıdan seken parçacıkları saptamak için döndürülebilirdi.

ya da sintilasyonlar olarak sayılmasına olanak vermekteydi. Geiger, lisans öğrencisi Ernest Marsden'in yardımıyla, maddenin sonsuz ölçüde bölünebilir olup olmadığını ya da atomların temel yapı taşlarını içerip içermediğini belirlemek için bu ekranları kullanacaktı.

Bir radyum kaynağından son derece ince, yalnızca bin atom kalınlığında altın bir yaprağa bir alfa parçacığı demeti ateşlediler. Eğer erikli puding modelinin dediği gibi, altın atomları nokta-benzeri negatif yüklü dağınık bir pozitif yük bulutundan oluşsaydı, o zaman masif, pozitif yüklü alfa parçacıkları yaprağı delip geçerdi. Parçacıkların büyük bölümü, altın atomlarıyla etkileşim yüzünden yalnızca hafif sapardı ve sığ açılarda saçılırdı.

Geiger ve Marsden karanlık odada saatlerce mikroskopların başına tüneyip, sintilasyon ekranlarındaki küçük ışık parlamalarını saydılar. Sonra sezigileriyle hareket eden Rutherford, ekranları, beklenen düşük açılı sintilasyonların yanı sıra, yüksek açılı sapmaları da yakalayacak konuma getirmelerini söyledi. Yeni yerlerine konulan ekranlarda, bazı alfa parçacıklarının 90º'den büyük açılarla saptıklarını, bazılarının yapraktan geldikleri yöne sektiğini keşfettiler. Rutherford sonucu, bir parça kâğıda ateşlenen 40 cm'lik top mermisinin geri sekmesi olarak tarif etti.

> Hayatımda başına gelen en inanılmaz olaydı. Bir parça kâğıda ateş ettiğiniz 40 cm'lik bir top mermisinin geri gelip sizi vurması kadar inanılmazdı.
> **Ernest Rutherford**

Nükleer atom

Ağır alfa parçacıklarını yollarında durdurmak ya da yüksek açılarla saptırmak, ancak bir atomun pozitif yükü ve kütlesi küçük bir hacme yoğunlaşmışsa olanaklıydı. Rutherford bu sonuçların ışığında 1911'de atomun yapısına ilişkin kendi anlayışını yayımladı. "Rutherford modeli" minyatür bir güneş sistemidir; küçük, yoğun, pozitif yüklü bir çekirdeğin etrafında dönen elekronlar. Modelin başlıca yeniliği, atomun asla katı olmadığı sonucuna insanı mecbur eden sonsuz derecede küçük çekirdekti. Atom ölçeğinde madde, çok büyük ölçüde enerjinin ve kuvvetin yönettiği uzaydır. Bu, önceki yüzyılın atom teorilerinden kesin bir kopuştu.

Thomson'un "erikli puding" atomu anında ses getirdiği halde, Rutherford'un modeli bilim topluluğu tarafından fazla önemsenmedi. Kusurları barizdi. Hızlanan elektrik yüklerinin elektromanyetik ışınım olarak enerji yaydığı kanıtlanmıştı. Bu nedenle, elektronlar çekirdeğin etrafında toplanınca –elektronları yörüngelerinde tutan dairesel ivme yaşayarak– durmadan elektromanyetik ışınım yaymaları gerekir. Yörüngelerinde dönerken sürekli enerji kaybeden elektronlar, çekirdeğin içine doğru sarmal oluştururdu. Rutherford modeline göre atomlar kararsız olmaları gerekir, ama açıkça kararlıdırlar.

Bir kuantum atomu

Danimarkalı fizikçi Niels Bohr kuantumlamayla ilgili yeni

düşünceleri maddeye uygulayarak, Rutherford atom modelini unutulup gitmekten kurtardı. Kuantum devrimi 1900'de Max Planck ışınımı kuantumlamayı önerdiğinde başlamıştı; ama bu alan 1913'te hâlâ bebeklik evresindeydi –kuantum mekaniğinin matematiksel çerçevesinin resmileşmesi 1920'leri bekleyecekti. Bohr bu sorun üzerinde çalıştığı sırada, kuantum teorisi Einstein'ın, ışığın şimdi foton dediğimiz küçük "kuantumlar" (kesikli enerji paketleri) halinde geldiği fikrinden ibaretti. Bohr ışığın atomlardan yayılmasının ve emilmesinin kesin örüntüsünü açıklamaya çalıştı. Her elektronun atom kabukları içinde sabit bir yörüngeye mahkûm olduğunu ve yörüngelerin enerji düzeylerinin "kuantumlu" olduğunu - yani ancak belli özgül değerler alabildiklerini öne sürdü.

Bu yörünge modelinde her bireysel elektronun enerjisi, atomun çekirdeğine yakınlığıyla ilişkilidir. Bir elektron çekirdeğe ne kadar yakınsa o kadar az enerjisi vardır; ama belli bir dalga boyunda elektromanyetik ışınım emerek yüksek enerji düzeylerine çıkabilir. Işık emen bir elektron "daha yüksek" ya da "daha dış" bir yörüngeye atlar. Elektron bu yüksek duruma ulaşınca, hızla tekrar düşük enerjili yörüngesine düşüp, iki yörünge arasındaki enerji farkına denk bir enerji kuantumunu serbest bırakır.

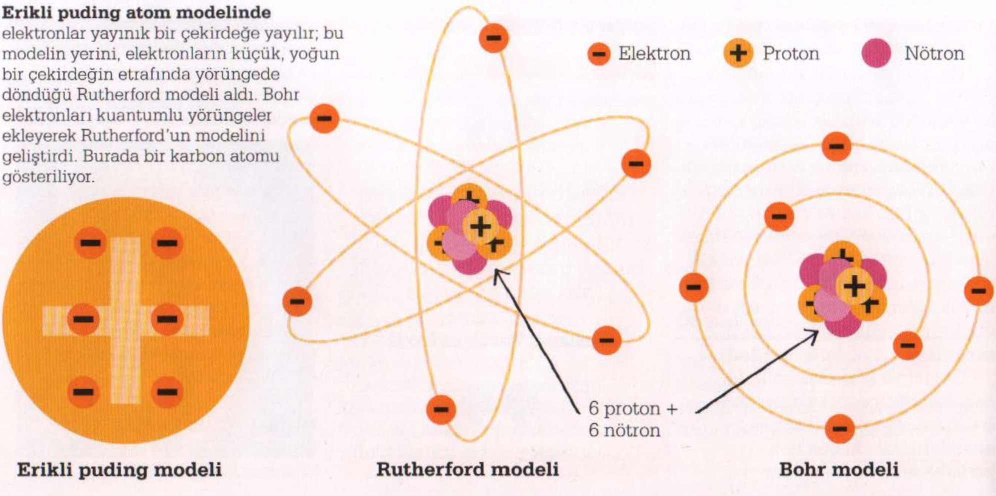
Bohr bunun ne anlama geldiği ya da neye benzediği konusunda bir açıklama sunmadı - yalnızca elektronların yörüngeden çıkıp çekirdeğe düşmelerinin olanaksız olduğunu söyledi. Bohr'unki tamamen teorik bir atom modeliydi. Bununla birlikte deneylere uygundu ve zarif bir darbeyle ilişkili birçok sorunu çözdü. Elektronların katı bir yörüngede boş kabukları çekirdekten uzaklaşarak doldurmak zorunda olmaları, periyodik tabloda elementlerin atom numaraları arttıkça görülen özelliklerin dizilişine denkti. Kabukların teorik enerji düzeylerinin fiili "spektral serilere" –farklı atomların emdiği ve yaydığı ışık frekansları– uygun olmaları daha da inandırıcıydı. Uzun süredir peşinde koşulan elektromanyetizma ile maddeyi evlendirmenin yolu sonunda anlaşıldı.

> Deneyinizin istatistiğe ihtiyacı varsa, daha iyi bir deney yapmanız gerekirdi.
> **Ernest Rutherford**

Çekirdeğin içine girmek

Bu nükleer atom resmi kabul edildikten sonra, bir sonraki evre çekirdeğin içinde ne olduğunu sormaktı. 1919'da rapor edilen deneylerde Rutherford alfa

Erikli puding atom modelinde elektronlar yayınık bir çekirdeğe yayılır; bu modelin yerini, elektronların küçük, yoğun bir çekirdeğin etrafında yörüngede döndüğü Rutherford modeli aldı. Bohr elektronları kuantumlu yörüngeler ekleyerek Rutherford'un modelini geliştirdi. Burada bir karbon atomu gösteriliyor.



parçacığı demetlerinin birçok farklı elementten hidrojen çekirdekleri üretebildiğini bulguladı. Hidrojen uzun süreden beri en basit element kabul edilmekteydi ve diğer bütün elementlerin bir yapı taşı sayılmaktaydı; bu yüzden Rutherford, hidrojen çekirdeğinin aslında kendi temel parçacığı, proton, olduğunu öne sürdü.

Atomun yapısında bir sonraki gelişme, James Chadwick'in 1932'te nötronu keşfetmesiydi; bunda da Rutherford'un parmağı vardı. Rutherford 1920'de, küçük bir çekirdeğin içine tıkılan çok sayıda nokta-büyüklüğünde pozitif yükün itici etkisini telafi etmenin bir yolu olarak nötronun varlığını öne sürmüştü. Yüklerin birbirini itmesi gibi, bir şekilde yükü dağıtan ya da itip kakışan protonları sıkı sıkıya bir arada tutan başka bir parçacık olması gerektiğini varsaydı. Elementlerde hidrojenden daha ağır, nötr ama eşit ölçüde kütleli üçüncü bir atom-altı parçacıkla açıklanabilen ekstra bir kütle de vardı.

Ne var ki, nötronları saptamanın zor olduğu anlaşıldı ve bulunması neredeyse on yıllık bir araştırmayı gerektirdi. Chadwick, Cavendish Laboratuvarı'nda Rutherford'un gözetimi altında çalışıyordu. Hocasının yol göstericiliğinde, Alman fizikçiler Walther Bothe ve Herbert Becker'in berilyumu alfa parçacıklarıyla bombardımana tutunca buldukları yeni bir ışınım türünü inceliyordu.

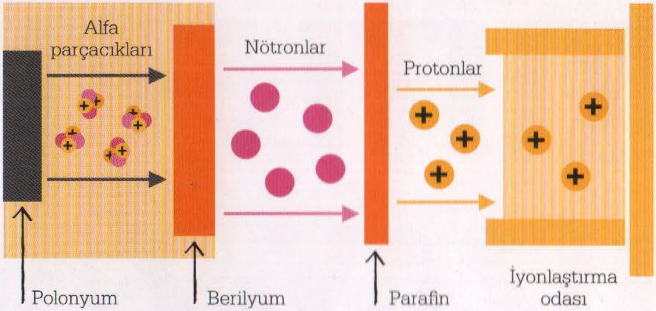
Chadwick Almanların sonuçlarını tekrarladı ve bu nüfuz edici ışınımın, Rutherford'un aradığı nötron olduğunu anladı. Nötron gibi nötr bir parçacık, proton gibi yüklü bir parçacıktan daha nüfuz edicidir; çünkü maddeden geçerken itilme hissetmez. Bununla birlikte, bir protondan azıcık büyük bir kütleyle protonları çekirdekte kolayca çıkarabilir – başka şekilde yalnızca aşırı enerji yüklü elektromanyetik ışınımın yapabildiği bir şey.

Elektron bulutları

Nötronun keşfi, yörüngesinde elektronların döndüğü masif bir çekirdek olarak atom resmini tamamladı. Kuantum fiziğinde yeni keşifler, bir çekirdeğin yörüngesinde elektronlar görüşümüzü geliştirecekti. Modern atom modelleri, kuantum dalga işlevine göre bir elektron bulmamızın en fazla olası olduğu alanları temsil eden elektron bulutlarını canlandırır (s. 256).

Nötronların ve protonların temel parçacık olmadığı, kuark denilen daha küçük parçacıklardan oluştuklarının keşfedilmesi resmi daha da karışıklaştırdı. Atomun gerçek yapısıyla ilişkili sorular hâlâ aktif bir şekilde araştırılmaktadır. ■

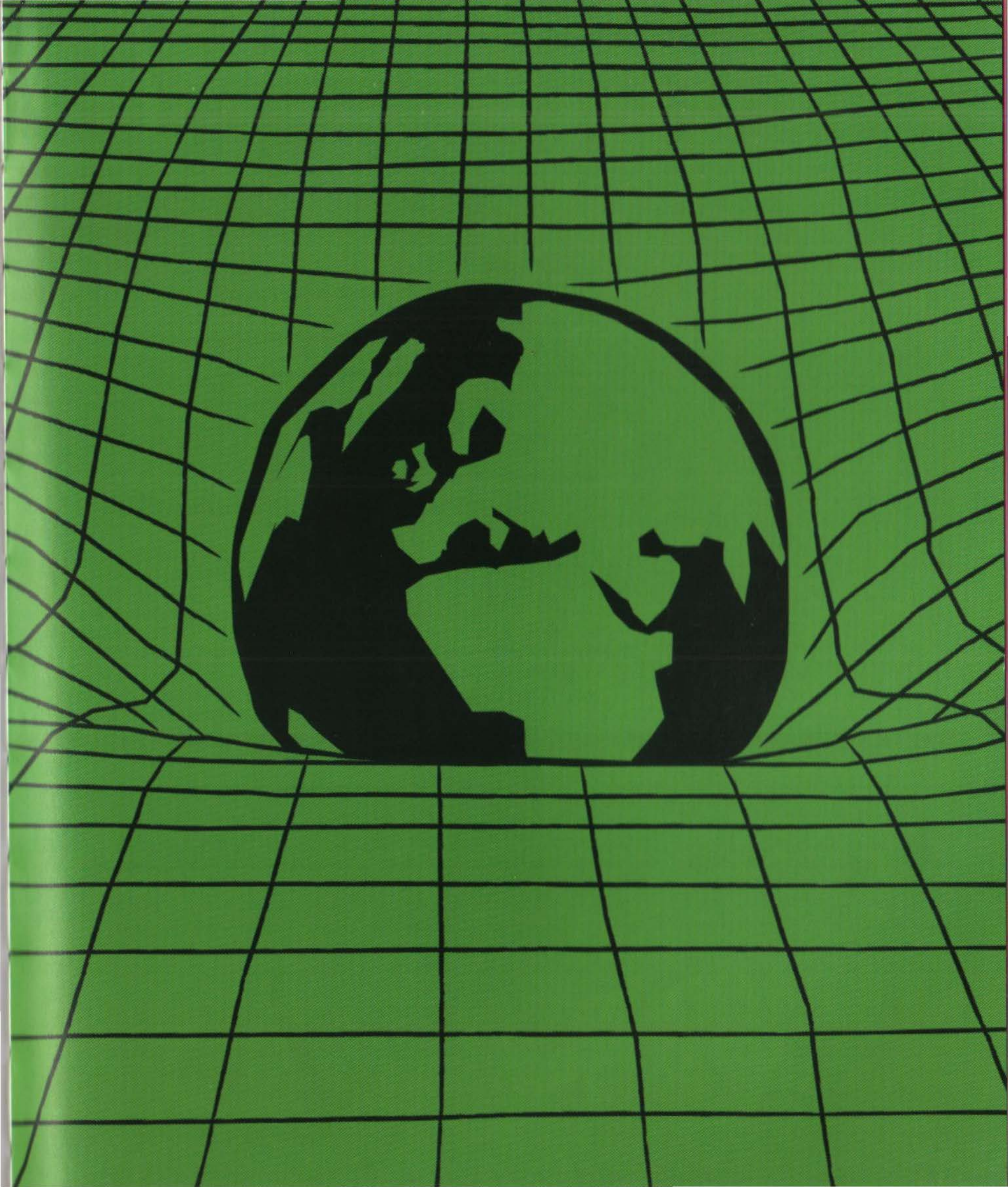
James Chadwick berilyumu radyoaktif polonyumdan alfa parçacıkları bombardımanına tutarak nötronu keşfetti. Alfa parçacıkları nötronları berilyumdan çıkardı. Sonra nötronlar bir parafin tabakasından protonları yerinden attı ve bu protonlar bir iyonlaştırma odasıyla saptandı.



> Işınımın kütlesi 1 ve yükü 0 olan parçacıklardan, yani nötronlardan oluştuğu varsayılsa, güçlükler ortadan kalkar.
> **James Chadwick**

KÜTLEÇEKİM UZAY-ZAMAN SÜREMİNDE BİR BÜKÜLMEDİR

ALBERT EINSTEIN (1879–1955)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
17. yüzyıl Newton fiziği pek çok gündelik hesaplama için hâlâ yeterli olan bir kütleçekim ve hareket tasviri verir.

1900 Max Planck ışığın bireysel enerji paketlerinden ya da "kuantumlarından" ibaret sayılabileceğini savunur.

SONRA
1917 Einstein genel göreliliği kullanarak bir Evren modeli çıkarır. Evren'in statik olduğunu varsayarak, teorik çöküşünü önlemek için kozmolojik sabit denilen bir faktörü devreye sokar.

1971 Jet uçaklarda dünyanın etrafında uçan atom saatleri, genel görelilik nedeniyle zaman genişlemesini kanıtlar.

Bir boşlukta **ışığın hızı değişmiyorsa...**

Ve **fiziğin yasaları bütün gözlemcilere aynı** görünüyorsa...

O zaman **mutlak bir zaman ya da uzay olamaz.**

Birbirleriyle **göreli devinim içinde** olan gözlemciler **uzayı ve zamanı farklı yaşar.**

Özel görelilik **mutlak bir eşzamanlılık olmadığını** gösterir.

1905 yılında Alman bilim dergisi *Annalen der Physik* bir tek yazarın –o sırada İsviçre patent dairesinde çalışan, fazla tanınmayan 26 yaşında Albert Einstein adlı bir fizikçinin– dört makalesini yayımladı. Bu makaleler, modern fiziğin çoğunun temelini atacaktı.

Einstein, 19. yüzyılın sonuna doğru bilimsel fiziksel dünya anlayışında ortaya çıkan bazı temel sorunları çözdü. 1905 makalelerinden biri, ışığın ve enerjinin doğasına ilişkin anlayışı dönüştürdü. İkincisi, uzun süredir gözlemlenen ve Brown devinimi denilen fiziksel etkinin atomların varlığını kanıtlayabildiğinin zarif bir kanıtıydı. Üçüncüsü, Evren'in nihai bir hız sınırının varlığını gösterdi ve buradan hareketle, özel görelilik olarak bilinen tuhaf etkileri ele aldı. Dördüncüsü ise, madde ile enerjinin birbirinin yerini alabilir olduğunu göstererek maddenin doğasına ilişkin anlayışımızı ebediyen değiştirdi. On yıl sonra Einstein bu makalelerin içerimlerini, yeni ve daha derin bir kütleçekim, uzay ve zaman anlayışı sunan bir genel görelilik teorisiyle sürdürdü.

Işığı kuantumlama

Einstein'ın 1905 makalelerinin ilki, fotoelektrik etkiyle ilgili süregelen bir sorununu ele almaktaydı. Bu olguyu Alman fizikçi Heinrich Hertz 1887'de keşfetmişti. Belli dalga boylarında radyasyonla –tipik olarak morötesi ışık– aydınlatılınca bir elektrik akışı üreten (yani elektron yayan) metal elektrotlarla ilgilidir. Yayınımının arkasındaki ilke, modern terimlerle oldukça kolay bir biçimde tarif edilir (ışınımın sağladığı enerji, metalin yüzey atomlarındaki en dış elektronlar tarafından soğurulur,

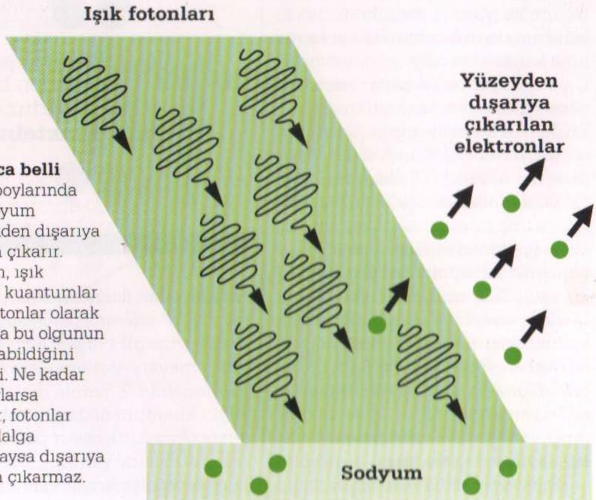
Ayrıca bkz. Christiaan Huygens 50–51 ▪ Isaac Newton 62–69 ▪ James Clerk Maxwell 180–85 ▪ Max Planck 202–05 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Edwin Hubble 236–41 ▪ Georges Lemaître 242–45

onların serbest kalmasına olanak verir). Bilmece, aynı malzemelerin, ışık kaynağı ne kadar yoğun olursa olsun daha uzun dalga boylarıyla aydınlatılınca inatla elektron yaymak istememeleriydi.

Bu, bir ışık demetinin verdiği enerji miktarını her şeyden önce yoğunluğun yönettiğini varsayan klasik ışık anlayışı için bir sorundu. Einstein'ın makalesi, yakın zamanda Max Planck'ın geliştirdiği "kuantumlu" ışık düşüncesine sıkıca tutundu. Einstein, ışık demeti bireysel "ışık kuantumlarına" (şimdi foton dediğimiz) bölünürse, o zaman her kuantumun taşıdığı enerjinin yalnızca dalga boyuna bağlı –dalga boyu ne kadar kısaysa, enerji o kadar yüksek– olduğunu gösterdi. Fotoelektrik etki bir elektron ile bir tek foton arasındaki etkileşime dayanırsa, yüzeye ne kadar çok foton bombardıman edildiği (yani ışık kaynağının ne kadar yoğun olduğu) önemli değildir – hiçbiri yeterli enerji taşımazsa, elektronlar serbest kalmaz.

Einstein'ın düşüncesi, Planck da dahil, zamanın önde gelen şahsiyetlerince reddedildi; ama Amerikalı fizikçi Robert Millikan'ın 1919'da gerçekleştirdiği deneyler, Einstein'ın teorisinin doğru olduğunu gösterdi.

> Her bilimin büyük amacı, en az sayıda hipotez ya da aksiyomdan mantıksal çıkarımla en fazla sayıda deneysel olguyu kapsamaktır.
> **Albert Einstein**



Yalnızca belli dalga boylarında ışık sodyum yüzeyinden dışarıya elektron çıkarır. Einstein, ışık bireysel kuantumlar ya da fotonlar olarak yol alırsa bu olgunun açıklanabildiğini gösterdi. Ne kadar çok olurlarsa olsunlar, fotonlar yanlış dalga boyundaysa dışarıya elektron çıkarmaz.

Özel Görelilik

Einstein'ın en büyük mirası, 1905'te yayımlanan ve ışığın gerçek doğasına ilişkin önemli bir yeniden kavramsallaştırmayı da içeren üçüncü ve dördüncü makalelerde doğdu. Geç 19. yüzyıldan beri fizikçiler, ışığın hızını anlama girişimlerinde bir krizle karşı karşıya kalmıştı. 17. yüzyıldan beri ışık hızının yaklaşık değeri bilinmekte ve giderek artan doğrulukta hesaplanmaktaydı; James Clerk Maxwell'in denklemleri de, görünür ışığın Evrende tek bir hızla hareket etmesi gereken geniş bir elektromanyetik dalga spektrumunun yalnızca bir tezahürü olduğunu göstermişti.

Işık enine bir dalga olarak anlaşıldığı için, tıpkı su dalgalarının bir havuzun yüzeyinde yol alması gibi, ışığın da bir ortam aracılığıyla yayıldığı varsayılmaktaydı. "Işık saçan eter" olarak bilinen bu farazi maddenin özellikleri, elektromanyetik dalgaların gözlemlenen özelliklerine yol açacaktı ve yerden yere değişmedikleri için, mutlak bir durgunluk standardı sağlayacaklardı.

Bu sabit eterin beklenen sonucu bir sonucu şuydu: Uzak nesnelerden gelen ışığın hızı, kaynağın ve gözlemcinin göreli devinimine bağlı olarak değişecekti. Örneğin, uzak bir yıldızdan gelen ışığın hızı, Yer'in yörüngesinin bir tarafından, gezegenimiz 30 km/sn hızla ondan uzaklaşırken mi yoksa karşıt tarafta, gözlemci benzer bir hızda ona doğru hareket ederken mi gözlemlendiğine bağlı olarak önemli ölçüde değişir.

Yer'in esir içindeki devinimini ölçmek, geç 19. yüzyıl fizikçileri için bir takıntı haline geldi. Böyle bir ölçüm, bu gizemli maddenin varlığını doğrulamanın tek yoluydu; ama kanıt, ele avuca gelmiyordu. Ölçme donanımı ne kadar hassas olursa olsun, ışık her zaman aynı hızda hareket ediyor gibi görünüyordu. 1887'de ABD'li fizikçiler Albert Michelson ve Edward Morley, sözde "esir rüzgârını" yüksek hassasiyetle ölçmek için ustaca bir deney tasarladı; ama yine varlığına dair bir kanıt bulunamadı. Michelson-Morley deneyinin olumsuz sonucu esirin varlığına inancı sarstı ve izleyen on yıllarda deneyi tekrarlama girişimlerinden elde edilen benzer sonuçlar, kriz duygusunu derinleştirmekten başka bir şeye yaramadı.

Einstein'ın 1905'teki üçüncü makalesi, *On the Electrodynamics of Moving Bodies [Hareket Eden Cisimlerin Elektrodinamiği Üzerine]*, sorunla doğrudan yüzleşti. Teorisinin anıldığı şekliyle özel görelilik, iki basit postulatın kabul edilmesiyle gelişti: Işık bir boşlukta, kaynağın deviniminden bağımsız olan sabit bir hızla hareket eder; fiziğin yasaları bütün "eylemsiz" referans çerçevelerinde -yani, ivme gibi dışsal kuvvetlere tabi olmayan- gözlemcilere aynı görünmelidir. Einstein'ın daha önce ışığın kuantum doğasını kabul etmiş olması, ilk cesur postulatı kabul etmesine yardımcı oldu – kavramsal olarak ışık kuantumları, genellikle, dalga-benzeri niteliklerini sürdürürken parçacık – benzeri özelliklerle uzay boşluğunda hareket edebilen, kendi kendine yeten elektromanyetik enerji paketleri olarak tasavvur edilir.

> Kütle ve enerji, aynı şeyin farklı tezahürlerinden başka bir şey değildir.
> **Albert Einstein**

Bu iki postulatı kabul eden Einstein, fiziğin geri kalan kısmı, özelikle mekanik bakımından sonuçlarını değerlendirdi. Fizik yasalarının bütün eylemsiz referans çerçevelerinde aynı şekilde davranması için, bir çerçeveden diğerine bakıldığında mecburen farklı görünmeleri gerekirdi. Yalnızca göreli devinim önemliydi ve iki ayrı referans çerçevesi arasındaki göreli devinim ışık hızına yaklaşınca ("göreli" denilen hızlar), tuhaf şeyler olmaya başlamaktaydı.

Lorentz faktörü

Einstein'ın makalesi diğer bilimsel yayınlara biçimsel göndermelerde bulunmamasına rağmen, zamanın bir avuç bilim insanının çalışmalarından söz etti; zira Einstein, esir krizine ortodoks olmayan bir çözüm bulmaya çalışan tek kişi değildi. Herhalde bunların en önemlisi Hollandalı fizikçi Hendrik Lorentz'di; Einstein'ın ışık hızına yakın fizik tasvirinin kalbinde "Lorentz faktörü" vardı. Matematiksel olarak şöyle tanımlanır:

$$\frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

Albert Einstein

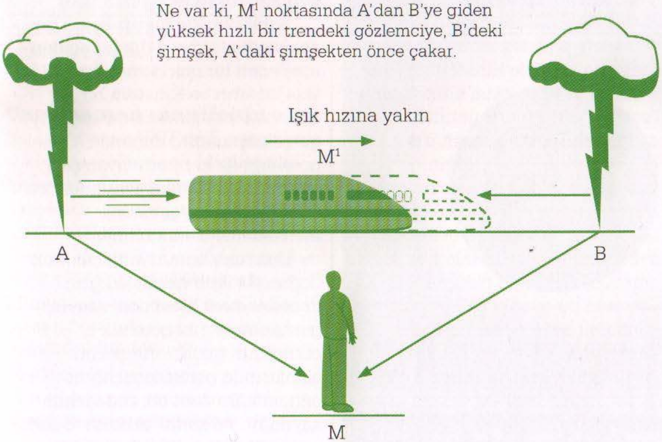


1879'da Güney Almanya'da Ulm kentinde doğan Einstein bir bakıma arızalı bir orta öğretim geçirdi; sonunda Zurich Politeknik okulunu bitirip matematik öğretmeni oldu. Öğretmenlik işi bulamayınca, Bern'de İsviçre Patent Dairesinde iş buldu; burada, 1905'te yayıMlanan makalelerini geliştirmek için bol zaman buldu. Bu çalışmadaki başarısını, asla kaybetmediği çocuksu merak duygusuna borçluydu.

Genel göreliliği ortaya koyduktan sonra Einstein küresel yıldız haline geldi. Önceki çalışmalarının içerimlerini araştırmaya devam edip, kuantum teorisine yeni katkılarda bulundu. 1933'te Nazi partisinin yükselişinden korkan Einstein bir yurtdışı gezisinden Almanya'ya dönmemeyi tercih etti; sonunda Amerika Birleşik Devletleri'nde Princeton Üniversitesine yerleşti.

Önemli eserleri

1905 *On a Heuristic Viewpoint Concerning the Production and Transformation of Light*
1915 *The Field Equations of Gravitation*



Einstein'ın düşünce deneyinde M noktasındaki hareketsiz bir gözlemci için A ve B noktasında iki şimşek eşzamanlı çakar. Ne var ki, M^1 noktasında A'dan B'ye giden yüksek hızlı bir trendeki gözlemciye, B'deki şimşek, A'daki şimşekten önce çakar.

Lorentz, Maxwell'in elektromanyetizma denklemlerini görelilik ilkesiyle uzlaştırmak için zaman ve uzunluk ölçülerinde gerekli değişiklikleri tarif etmek için bu denklemi geliştirdi. Einstein için çok önemliydi; çünkü bir gözlemcinin gördüğü şekliyle sonuçları dönüştürüp, ilk gözlemciye göre devinim halinde olan başka bir gözlemciye nasıl olduklarını göstermek için bir terim sunmaktaydı. Yukarıda aktarılan terimde v, bir gözlemcinin diğer gözlemciye oranla hızıdır; c ise ışığın hızıdır. Pek çok durumda v, c'ye oranla çok küçük olur, bu nedenle v^2/c^2 sıfıra yakın olur ve Lorentz faktörü 1'e yaklaşır, yani hesaplamalara neredeyse hiç etkisi olmaz. Lorentz'in çalışması, büyük ölçüde standart eter teorileriyle bütünleştirilemediği için soğuk karşılanmıştı. Einstein soruna başka bir yönden yaklaşıp, Lorentz faktörünün özel görelilik ilkesinin kaçınılmaz bir sonucu olarak doğduğunu gösterdi ve ölçülmüş zaman ve uzaklık aralıklarının gerçek anlamını yeniden inceledi. Bunun nemli bir sonucu, bir referans çerçevesi içindeki bir gözlemciye eşzamanlı gibi görünen olayların farklı bir referans çerçevesi içinde bulunan birine öyle görünmesinin zorunlu olmadığının (eşzamanlılığın göreliliği olarak bilinen bir olgu) anlaşılması oldu. Einstein uzak bir gözlemcinin bakış açısından, kendi gidiş yönlerinde hareket eden nesnelerin uzunluğunun ışığın hızına yaklaştıkça, Lorentz faktörünün yönettiği basit bir denkleme uygun olarak nasıl kısaldığını da gösterdi. Daha da tuhafı, bizzat zamanın kendisi de, gözlemcinin referans çerçevesinden ölçüldüğünde daha yavaş hareket ediyor gibi görünür.

Göreliliği açıklamak

Einstein birbirlerine göre devinim halinde iki referans çerçevesi düşünmemizi isteyerek özel göreliliği açıkladı: hareket eden bir tren ve trenden hemen sonra bir toprak set. A ve B noktasında çakan iki şimşek, iki noktanın ortasında bulunan M noktasındaki sette duran bir gözlemciye eşzamanlı gerçekleşmiş gibi görünür. Trendeki bir gözlemci ayrı bir referans çerçevesinde M^1 konumundadır. Şimşekler çaktığında M^1, M'nin tam yanından geçiyor olabilir. Ne var ki, şimşek trendeki gözlemciye ulaştığı sırada tren A noktasından uzaklaşıp B noktasına doğru hareket etmiştir. Einstein'ın ifadesiyle, gözlemci "A'dan gelen ışık demetinin önünde at sürüyor." Trendeki gözlemci, B'de çakan şimşeğin A'dakinden önce çaktığı sonucuna varır. Einstein artık şu konuda ısrar eder: "Zaman ifadesinin işaret ettiği referans-cisim söylenmedikçe, bir olayın zaman ifadesinde hiçbir anlam yoktur." Hem zaman hem konum göreli kavramlardır.

Kütle-enerji eşdeğerliği

Einstein'ın 1905 makalelerinin sonuncusuna, *Bir Cismin Eylemsizliği Onun Kütlesine mi Bağlıdır?* denildi. Üç sayfası, önceki makalede değinilen bir düşünceyi –bir cismin kütlesinin enerjisinin bir ölçüsü olduğu düşüncesi– açmaktaydı. Einstein, bir cisim elektromanyetik radyasyon biçiminde belli miktarda enerji (E) saçarsa, kütlesinin E/c^2'ye eşdeğer miktarda azalacağını gösterdi. Bu denklem kolayca yeniden yazılıp, tikel bir referans çerçevesi içinde hareketsiz bir parçacığın enerjisi $E=mc^2$ denklemiyle gösterilir. Bu "kütle-enerji eşdeğerliği" ilkesi, 20. yüzyıl biliminin kilit taşlarından biri olacak, kozmolojiden nükleer fiziğe kadar uzanan birçok alanda uygulanacaktı.

Kütleçekim alanları

Einstein'ın o *mükemmel yıldaki* makaleleri, seyreltik fizik dünyasının ötesinde fazla etki uyandıramayacak kadar muğlak gibi görünmesine rağmen, o topluluk içinde ün kazanmasına yaradı. Sonraki birkaç yıl içinde birçok bilim insanı, özel göreliliğin itibarsızlaşan esir teorisinden daha iyi bir Evren tasviri sunduğu sonucuna ulaştı ve göreliliğin etkilerini eylemde gösteren deneyler tasarladı. Bu arada Einstein yeni bir meydan okumaya geçiyor, "eylemsiz olmayan" durumları –hızlanmayı ve yavaşlamayı gerektiren– değerlendirmek için kanıtlanmış ilkelerini genişletiyordu.

Daha 1907'de Einstein, kütleçekiminin etkisi altında bir "serbest düşüş" durumunun eylemsiz bir duruma eşit olduğu düşüncesine kısaca değinmişti – eşdeğerlik ilkesi. 1911'de bir kütleçekimi alanından etkilenen hareketsiz bir referans çerçevesinin sabit ivmeye maruz kalan bir çerçeveye eşdeğer olduğunu anladı. Einstein bu düşünceyi, boş uzayda kapalı bir asansörde duran bir kişiyi hayal ederek açıkladı. Asansör bir roket tarafından bir yönde hızlandırılıyor. O kişi zeminden yukarı doğru iten bir kuvveti hisseder ve Newton'un Üçüncü Yasasına uygun olarak eşit ve karşıt bir kuvvetle zemine geri iter. Einstein asansördeki kişinin, bir kütleçekimi alanında hareketsiz durulsaydı hissedilecek olan şeyin aynısını hissedeceğini anladı.

Sabit ivmeye maruz kalan bir asansörde, ivmeye dik bir açıdan ateşlenen bir ışık demeti kavisli bir yola sapardı ve Einstein bir kütleçekimi alanında da aynı şeyin gerçekleşeceğini düşündü. Genel göreliliği ilk kez kanıtlayan şey, kütleçekiminin ışık üzerindeki bu etkisiydi – kütleçekimsel mercekleme olarak bilinen.

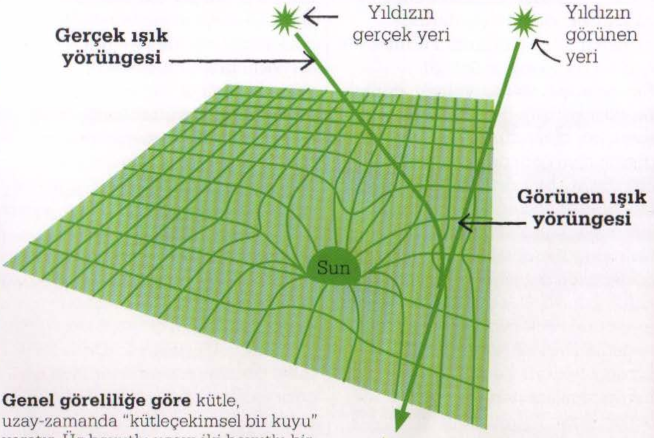
Einstein, bunun kütleçekimin doğasıyla ilgili ne söylediğini değerlendirdi. Özellikle, zaman genişlemesi gibi görelilik etkilerinin güçlü kütleçekim alanlarında gerçekleşeceğini öngördü. Bir saat bir kütleçekim kaynağın ne kadar yakınsa, o kadar yavaş tiktaklar. Bu etki yıllarca salt teorik düzeyde kaldı; ama şimdi atom saatleri kullanılarak doğrulanmaktadır.

Kütleçekim deneyimimiz, durmadan hızlanan bir referans çerçevesi içinde olma deneyimine eşdeğerdir.

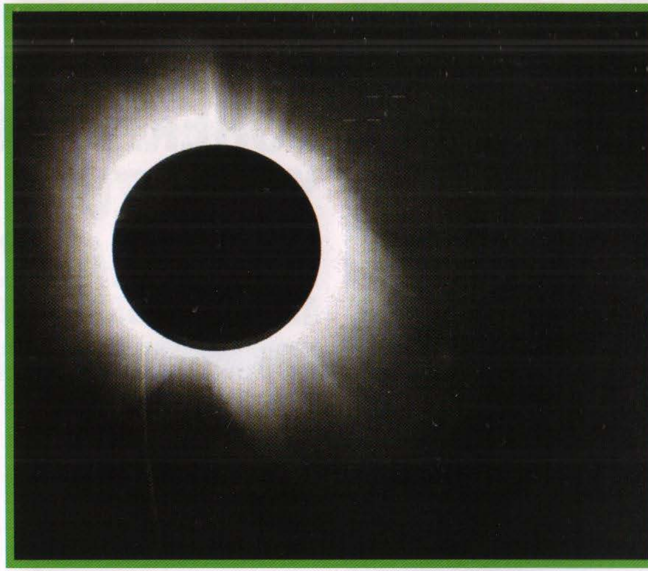
Hızlanma **uzay-zaman manifoldunda bir bükülmeyle** açıklanabilir.

Kütleli nesneler uzay-zamanı bozarsa, bu onların kütleçekimini açıklar.

Genel görelilik, kütleçekimi uzay-zaman manifoldunda bir bükülme olarak açıklar.



Genel göreliliğe göre kütle, uzay-zamanda "kütleçekimsel bir kuyu" yaratır. Üç boyutlu uzayı iki boyutlu bir düzlem gibi gösterilerek bu düşünce görselleştirilebilir. Güneş gibi kütleli bir nesnenin kütleçekimsel kuyusu, ışığın kavisli bir yola sapmasına neden olup, uzak yıldızların bir gözlemciye görünen konumunu değiştirir – kütleçekimsel mercekleme denilen bir etki.



Arthur Eddington'ın 1919'daki bir Güneş tutulmasında çektiği fotoğraflar, genel göreliliğin ilk kanıtlarını verdi. Güneşin etrafındaki yıldızlar, tam Einstein'ın ön gördüğü gibi, yerlerinden kaymış gibi göründü.

Uzay-zaman manifoldu

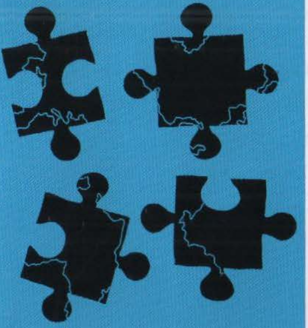
Bu arada, yine 1907'de Einstein'ın eski hocası Hermann Minkowski, bilmecenin başka bir önemli parçasına değinmişti. Özel görelilikte söz konusu olan uzay boyutu ile zaman boyutu arasındaki etkin takasları değerlendiren Minkowski, uzayın üç boyutu ile zaman boyutunu bir uzay-zaman manifoldunda birleştirme düşüncesini geliştirdi. Minkowski'nin yorumuna göre, göreli devinim içinde olan gözlemcilerin farklı bir referans çerçevesinde manifoldu gözlemleme yolundaki bükülmeler göz önüne alınarak, görelilik etkileri geometrik terimlerle açıklanabilirdi.

1915'te Einstein, eksiksiz genel görelilik teorisini yayımladı. Bitmiş biçimiyle, uzayın, zamanın, maddenin ve kütleçekimin doğasına ilişkin yeni bir tasvirden farksızdı. Minkowski'nin düşünceleri benimseyen Einstein, "Evren zımbırtısını" göreli devinim sayesinde bozulabilen, ama kütleçekim olarak yaşanan bir biçimde yıldız ve gezegen gibi büyük kütlelerin varlığıyla da sarılı olabilen bir uzay-zaman manifoldu olarak gördü. Kütle, bükülme ve kütleçekim arasındaki bağı tarif eden denklemler son derece karmaşıktı; ama Einstein bir yaklaşıklık kullanarak süregelen bir gizemi –Merkür'ün günberi noktasında Güneş'in etrafında Newton fiziğinin öngördüğünden çok daha hızlı dönmesinin sırrını– çözdü. Genel görelilik bilmeceyi çözdü.

Kütleçekimsel mercekleme

Dünyanın çoğu I. Dünya Savaşı'na daldığı bir zaman Einstein düşünceleri yayımladı ve İngilizce konuşan bilim insanlarının kafasında başka şeyler vardı. Genel görelilik karmaşık bir teoriydi ve Kraliyet Astronomi Derneğini Sekreteri vicdani retçi Arthur Eddington'ın ilgisi olmasaydı, unutulup gidebilirdi.

Eddington, Hollandalı fizikçi Willem de Sitter'in mektupları sayesinde Einstein'ın çalışmalarından haberdar oldu ve çok geçmeden onun Britanya'daki savunucusu haline geldi. 1919'da, savaşın sona ermesinden birkaç ay sonra Eddington, genel görelilik teorisini ve kütleçekimsel mercekleme öngörüsünü en görkemli koşullarda test etmek için batı Afrika açıklarındaki Principe adasına bir sefer düzenledi. Einstein daha 1911'de tam Güneş tutulmasının kütleçekimsel mercekleme etkilerinin, güneş kursu etrafındaki yıldızların yerlerinde bulunmaması (ışıkları Güneş'in etrafında bükülmüş uzay-zamandan geçerken sapmasının bir sonucu) biçiminde görülmesine olanak sağlayacağını öngörmüştü. Eddington'ın keşif seferi hem etkileyici Güneş tutulması görüntüleri hem Einstein'ın teorisinin inandırıcı kanıtını getirdi. Ertesi yıl yayımlanınca, dünya çapında bir heyecan uyandırıp, Einstein'ı küresel üne kavuşturdu ve Evren'in doğasıyla ilgili düşüncelerimizin asla eskisi gibi olmayacağını kesinleştirdi. ■



YER'İN KAYAN KITALARI, SÜREKLİ DEĞİŞEN BİR YAPBOZUN PARÇALARIDIR

ALFRED WEGENER (1880–1930)

KISACA

BİLİM DALI
Yer bilimi

ÖNCE
1858 Antonio Snider-Pellegrini, Atlantik'in karşıt kıyılarında bulunan özdeş fosilleri açıklamak için, Avrupa, Afrika ve Amerika kıtalarını birleştiren bir harita yapar.

1872 Fransız coğrafyacı Élisée Reclus, kıtaların hareketinin okyanusların ve sıradağların oluşmasına neden olduğu önerisinde bulunur.

1885 Eduard Suess güneydeki kıtaların bir zamanlar kara köprüleriyle birleştiğini öne sürer.

SONRA
1944 Britanyalı coğrafyacı Arthur Holmes, yüzeydeki kabuğu hareket ettiren mekanizma olarak Yer'in mantosundaki konveksiyon akımlarını önerir.

1960 Amerikalı jeolog Harry Hess, deniz tabanı yayılmasının kıtaları iterek birbirinden ayırdığı önerisinde bulunur.

1912'de Alman meteorolog Alfred Wegener çeşitli kanıtları birleştirip, Yer'in kıtalarının bir zamanlar bitişik olduğunu, milyonlarca yıl içinde birbirinden ayrıldığını öne süren bir kıtaların kayması teorisi ortaya koydu. Bilim insanları, böylesine büyük kara kütlelerini neyin hareket ettirdiğini ortaya çıkardıktan sonra onun teorisini kabul etti.

Yeni Dünya'nın ve Afrika'nın ilk haritalarına bakan Francis Bacon 1620'de, Amerika kıtasının doğu kıyılarının Avrupa ve Afrika'nın batı kıyılarına kabaca paralel olduğunu fark etmişti. Bu durum, bilim insanlarının bu kara kütlelerinin bir zamanlar bitişik olduğunu düşünüp, katı, değişmeyen bir gezegen görüşlerine meydan okumalarına yol açtı.

1858'de Paris'te bulunan coğrafyacı Antonio Snider-Pellegrini Atlantik'in her iki tarafında Karbonifer döneme, 359-299 milyon yıl önceye dayanan benzer bitki ve hayvan fo-

Güney Amerika'nın doğu kıyısı ile Afrika'nın batı kıyısı, **iki devasa yapboz parçası** gibi birbirine uyar.

Güney Amerika'da ve Afrika'da benzer **bitki ve hayvan fosilleri** bulunur.

Güney Amerika'da ve Afrika'da **eşleşen kayaç oluşumları** bulunur.

↓

Kıtalar bir zamanlar **tek bir kara kütlesi** oluşturmuş olmalı.

↓

Yer'in kayan kıtaları, sürekli değişen bir yapbozun parçalarıdır.

Ayrıca bkz. Francis Bacon 45 ▪ Nicholas Steno 55 ▪ James Hutton 96–101 ▪ Louis Agassiz 128–29 ▪ Charles Darwin 142–49

silleri bulunduğunu gösterdi. Amerika ve Afrika kıtalarının bir zamanlar nasıl birbirine geçmiş olabileceğini gösteren haritalar yaptı ve ayrılmalarını Kitabı Mukaddes'teki Tufana bağladı. Güney Amerika, Hindistan ve Afrika'da *Glossopteris* eğreltilerinin fosilleri bulununca, Avusturyalı jeolog Eduard Suess, tek bir kara kütlesinde evrilmiş olmaları gerektiğini savundu. Güneydeki kıtaların eskiden denizden kara köprüleriyle birbirlerine bağlanıp, Gondwanaland dediği süper bir kıta oluşturduklarını öne sürdü.

Wegener okyanusların ayırdığı benzer organizma örneklerinin yanı sıra, benzer sıradağlar ve buzul çökeltileri de buldu. Daha önce düşünüldüğü gibi süper kıtanın bazı bölümlerinin dalgaların altına battığını kabul etmek yerine, parçalara ayrılmış olabileceğini düşündü. 1912 ile 1929 arasında bu teoriyi genişletti. Onun süper kıtası –Pangaea– Suess'in Gondwanaland'ını kuzeydeki Kuzey Amerika ve Avrasya kıtalarıyla birleştirdi. Wegener bu tek kara kütlesinin parçalanmasını 150 milyon yıl önceye, Mezozoyik zamanın sonuna tarihledi ve devam eden kıtaların ayrılmasının kanıtı olarak Afrika'nın Büyük Rift Vadisi'ni işaret etti.

Bir mekanizma arayışı

Wegener'in teorisi, jeofizikçiler tarafından kıtaların nasıl hareket ettiğini açıklamamakla eleştirildi. Ne var ki, 1950'lerde yeni jeofizik teknikleri bir yığın yeni veriyi ortaya çıkardı. Yer'in geçmiş manyetik alanına ilişkin araştırmalar, eski kıtaların kutuplara göre farklı bir konumda olduklarını gösterdi. Deniz yatağının sonar haritaları, daha yakın zamana ait okyanus-tabanı oluşumunun işaretlerini açığa çıkardı. Bunun okyanus ortası sırtlarında gerçekleştiği görüldü; çünkü erimiş kayaçlar Yer kabuğundaki çatlaklardan püskürür ve yeni kayaçlar püskürdükçe sırtlardan yayılarak uzaklaşır.

1960'ta Harry Hess, deniz tabanı yayılmasının kıtaların kaymasının mekanizması olduğunu anladı ve levha tektoniği teorisini sundu. Yer'in kabuğu, mantodaki konveksiyon akımları yeni kayaçlar yüzeye çıkardıkça sürekli kayan dev levhalardan oluşur ve okyanus kabuğunun oluşması ve bozulması kıtaların yer değiştirmesine yol açar. Bu teori yalnızca Wegener'i haklı çıkarmakla kalmadı, aynı zamanda modern jeolojinin temelidir de. ▪



Pangaea, 200 milyon yıl önce



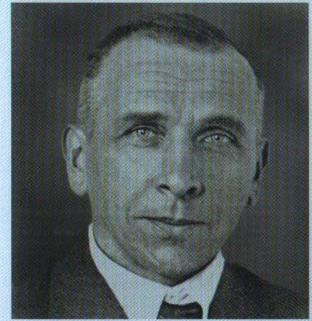
75 milyon yıl önce



Bugün

Wegener'in süper kıtası, uzun bir dizide yalnızca bir tanedir. Jeologlar kıtaların tekrar birleşip, 250 milyon yıl sonra yeni bir süper kıta oluşturabileceklerini düşünür.

Alfred Wegener

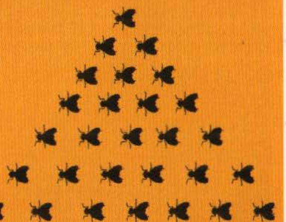


Berlin'de doğan Wegener 1904'te Berlin Üniversitesinden astronomi dalında doktora diploması aldı; ama çok geçmeden yer bilimiyle daha fazla ilgilendi. 1906 ile 1930 arasında Kuzey Kutbu hava kütlelerine ilişkin çığır açıcı meteorolojik araştırmalarının bir parçası olarak Grönland'a dört yolculuk yaptı. Hava gözlem balonlarını kullanıp hava dolaşımının izini sürdü ve geçmiş iklimlerin kanıtlarını bulmak için buzun derinliklerinden örnekler aldı. Bu keşif gezileri arasında Wegener 1912'de kıtaların kayması teorisini geliştirdi ve 1915'te bir kitap halinde yayımladı. 1920, 1922 ve 1929'da gözden geçirilmiş ve genişletilmiş basımlarını yaptı; ama çalışmalarının takdir edilmemesinden yıldı.

1930'da Wegener kayma teorisini destekleyen kanıtlar toplama umuduyla, Grönland'a dördüncü bir keşif gezisi düzenledi. 1 Kasımda, 50. doğum gününde, buzu aşıp çok ihtiyaç duyulan erzak getirmeye gitti; ama ana kampa ulaşamadan öldü.

Önemli eserleri

1915 *The Origin of Continents and Oceans*



KROMOZOMLAR KALITIMDA ROL OYNAR

THOMAS HUNT MORGAN (1866–1945)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE

1866 Gregor Mendel kalıtım yasalarını açıklar, kalıtsal özelliklerin daha sonra gen denilen ayrık parçacıklar tarafından kontrol edildiği sonucuna varır.

1900 Hollandalı botanikçi Hugo de Vries, Mendel'in yasalarını doğrular.

1902 Theodor Boveri ve Walter Sutton birbirinden bağımsız olarak, kromozomların kalıtımla ilişkili oldukları sonucuna ulaşır.

SONRA

1913 Morgan'ın öğrencisi Alfred Sturtevant meyve sineğinin ilk genetik "haritasını" çıkarır.

1930 Barbara McClintock genlerin kromozomlarda konum değiştirebildiğini keşfeder.

1953 James Watson ve Francis Crick'in çift sarmal DNA modeli, üreme sırasında genetik bilginin nasıl aktarıldığını açıklar.

Hücreler bölününce, **kromozomları da kalıtsal özelliklerin ortaya çıkışına paralel** şekilde bölünür ve çoğalır.

Bu durum, bu özellikleri kontrol eden **genlerin kromozomlarda bulunduklarını** gösterir.

Bazı özellikler **organizmanın cinsiyetine bağlıdır,** bu yüzden cinsiyet belirleyen kromozomlar tarafından kontrol edilmelidir.

Kromozomlar kalıtımda rol oynar.

19. yüzyılda mikroskop altında hücre bölünmesini gözlemleyen biyologlar, her hücrenin çekirdeğinde ince iplik çiftlerini fark etti. Bu iplikler gözlem amacıyla boyanabiliyordu ve yüzden, "renkli cisim" anlamına gelen kromozom adı verildi. Çok geçmeden biyologlar, kromozomların kalıtımla bir ilişkisinin olup olmadığını merak etmeye başladı.

1910'da Amerikalı genetikçi Thomas Hunt Morgan'ın gerçekleştirdiği deneyler kalıtımda genlerin ve kromozomların rolünü doğrulayacak, moleküler düzeyde evrimi açıklayacaktı.

Kalıtım parçacıkları

20. yüzyılın başına gelindiğinde bilim insanları, hücre bölünmesinde kromozomların kesin hareketlerini izlemiş ve kromozom sayısının türler arasında değiştiğini, ama aynı türün vücut hücrelerinde sayının genellikle aynı olduğunu fark etmişti. 1902'de Alman biyolog Theodor Boveri, bir denizkestanesinin döllenmesini araştırdıktan

Ayrıca bkz. Gregor Mendel 166–71 ▪ Barbara McClintock 271 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Michael Syvanen 318–19

sonra, bir embriyonun düzgün gelişmesi için bir organizmanın kromozomlarının tam takım var olması gerektiği sonucuna vardı. Aynı yıl Walter Sutton adlı Amerikalı bir öğrencinin çekirgelerle ilgili çalışmalarından vardığı sonuca göre, kromozomlar Gregor Mendel'in 1866'da önerdiği teorik "kalıtım parçacıkları"nı bile yansıtabilirdi.

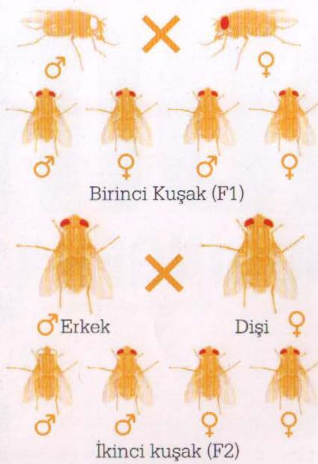
Mendel pezel bitkileriyle kapsamlı deneyler yapmış ve 1866'da kalıtsal özelliklerinin ayrık tanecikler tarafından belirlendiğini öne sürmüştü. Kırk yıl sonra Morgan, kromozomlar ile Mendel'in teorisi arasındaki ilişkiyi test etmek için, Columbia Üniversitesinde "Sinek Odası" olarak anılan yerde üretme deneylerini modern mikroskopla birleştirecek araştırmalara koyuldu.

Bezelyeden meyve sineğine

Meyve sinekleri *(Drosophila)* küçük cam şişelerde yetiştirilebilen ve 10 gün içinde bir sonraki kuşağı üretebilen –çok sayıda yavruyla– sivrisinek büyüklüğünde bir haşeredir. Bu nedenle, meyve sineği kalıtım araştırmaları için idealdi. Morgan'ın ekibi tikel özelliklere sahip sinekleri yalıtıp melezledi; sonra yavrulardaki varyasyon oranlarını analiz etti – tıptı Mendel'in bezelyelerde yaptığı gibi

Morgan sonunda, normal kırmızı renkli değil beyaz renkli gözlere sahip bir erkek saptadıktan sonra Mendel'in sonuçlarını doğruladı. Beyaz gözlü bir erkeğin kırmızı gözlü bir dişiyle çiftleştirilmesi yalnızca kırmızı gözlü yavru verdi; bu durum kırmızının baskın özellik, beyazın çekinik olduğunu gösteriyordu. Bu yavrular melezlenince, sonraki kuşağın dörtte biri beyaz gözlü ve hep erkekti. "Beyaz gen" cinsiyetle bağlantılı olmalı. Cinsiyete bağlı başka özellikler de ortaya çıkınca Morgan, bütün bu özelliklerin birlikte miras alınmış ve cinsiyeti belirleyen kromozomlarda taşınmış olması gerektiği sonucuna vardı. Dişilerin bir çift X kromozomu, erkeklerin ise bir X ve bir Y kromozomu vardı. Üreme sırasında yavru anneden bir X, babadan bir X ya da bir Y alır. "Beyaz gen" X tarafından taşınır. Y kromozomunun geni yoktur.

Daha ileri çalışmalar Morgan'ı, özgül genlerin özgül kromozomlarda bulundukları, kromozomlarda da tikel konumlara yerleştikleri fikrine götürdü. Bu, bilim insanlarının bir organizmanın genlerinin "haritasını" çıkabileceği düşüncesini doğurdu. ▪



İki kuşak boyunca meyve sineklerini melezlemek, beyaz göz özelliğinin cinsiyet kromozomu aracılığıyla yalnızca bazı erkeklere geçtiğini gösterir.



Thomas Hunt Morgan

ABD'de Kentucky'de doğan Thomas Hunt Morgan zooloji eğitimi aldıktan sonra, embriyo gelişimini araştırmaya geçti. 1904'te New York'ta Columbia Üniversitesine geçince, kalıtım mekanizmasına odaklanmaya başladı. Başlangıçta Mendel'in, hatta Darwin'in sonuçlarına kuşkuyla bakan Morgan, genetikle ilgili düşüncelerini test etmek için meyve sinekleri üretmeye yoğunlaştı. Meyve sineklerinde elde ettiği başarı, birçok araştırmacının genetik deneylerinde bu sinekleri kullanmasına yol açacaktı.

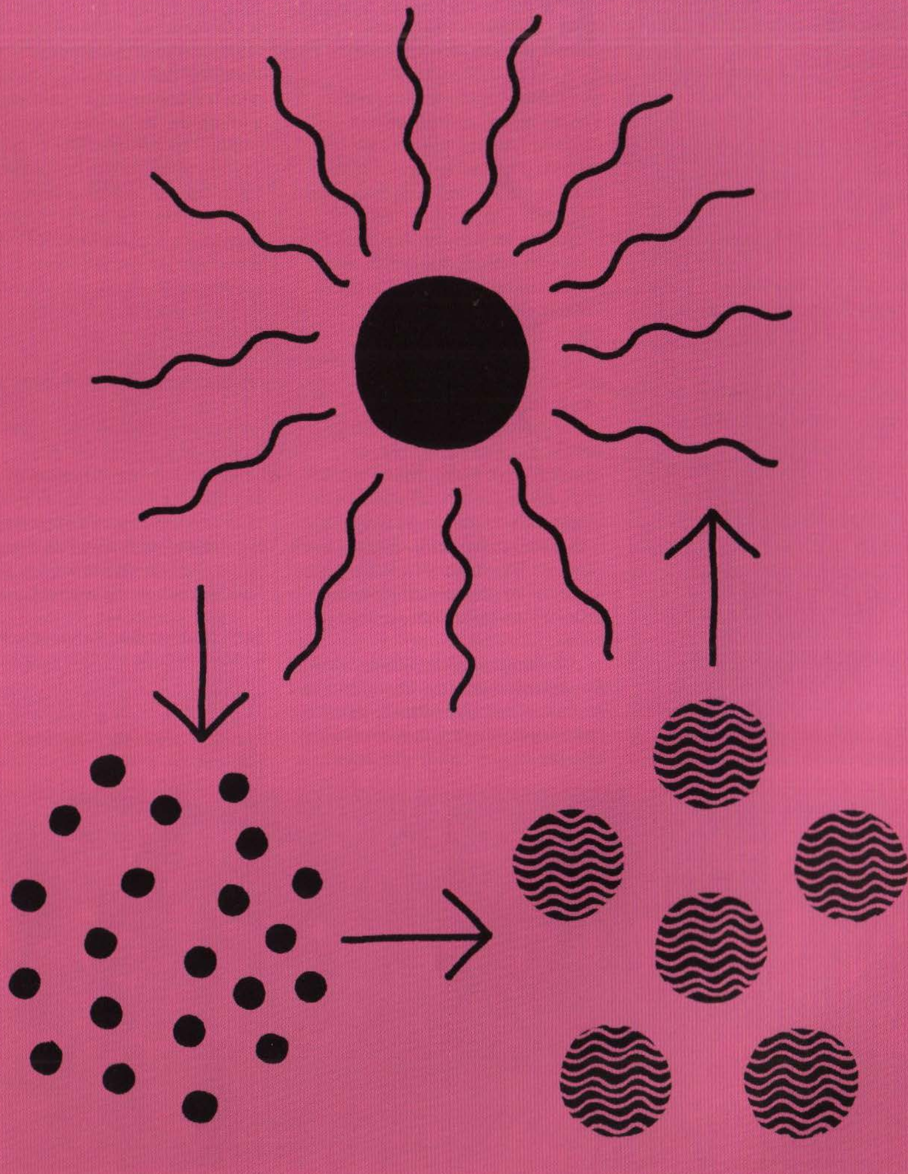
Morgan'ın meyve sinerlerinde kararlı, kalıtsal mutasyonlar gözlemlemesi, sonunda Darwin'in haklı olduğunu anlamasına yol açtı ve 1915'te kalıtımın Mendel'in yasalarına uygun nasıl çalıştığını açıklayan bir eser yayımladı. Morgan California Teknoloji Enstitüsünde (Caltech) araştırmalarına devam etti ve 1933'te, Nobel Tıp Ödülünü aldı.

Önemli eserleri

1910 *Sex-limited Inheritance in* Drosophila
1915 *The Mechanism of Mendelian Heredity*
1926 *The Theory of the Gene*

PARÇACIKLARIN DALGA-BENZERİ ÖZELLİKLERİ VARDIR

ERWIN SCHRÖDINGER (1887–1961)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1900 Işık anlayışında bir kriz Max Planck'ı, ışığı kuantumlu enerji paketleri olarak ele almayı kapsayan teorik bir çözüm bulmaya götürür.

1905 Albert Einstein fotoelektrik etkiyi açıklayarak Planck'ın kuantumlu ışığının gerçekliğini gösterir.

1913 Niels Bohr'un atom modeli, bir atomun içinde enerji düzeyleri arasında gidip gelen elektronların bireysel ışık kuantumları (fotonlar) yaydığı ya da soğurduğu düşüncesini kullanır.

SONRA
1930'lar Schrödinger'in çalışması, Paul Dirac ve Werner Heisenberg'inkiyle birlikte, modern parçacık fiziğinin temelini oluşturur.

Erwin Schrödinger kuantum fiziğinin –atom-altı maddenin en küçük düzeylerini açıklayan bilim– gelişiminde kilit bir şahsiyetti. Yıldızlı katkısı, parçacıkların dalgalar halinde nasıl hareket ettiğini gösteren ünlü bir denklemdi. Bu denklem, bugünün kuantum mekaniğinin temelini oluşturdu ve dünyayı algılama şeklimizi kökten değiştirdi. Ama bu devrim aniden gerçekleşmedi. Keşif süreci uzun bir süreçti; yolun üzerinde çok sayıda öncüsü vardı.

Kuantum teorisi başlangıçta ışığı anlamakla sınırlıydı. 1900'de, teorik fizikte "morötesi yıkım" olarak bilinen can sıkıcı sorunu çözme girişiminin bir parçası olarak Alman fizikçi Max Planck ışığı, kesikli enerji paketleri ya da kuantumları halinde geliyormuş gibi ele almayı önerdi. Sonra Albert Einstein sonraki adımı atıp, ışık kuantumlarının aslında gerçek fiziksel bir olgu olduğunu öne sürdü.

Danimarkalı fizikçi Niels Bohr, Einstein'ın düşüncesinin ışığın ve atomların doğasına ilişkin temel bir şey söylediğini biliyordu ve 1913'te eski bir sorunu –belli elementler ısıtılınca yayılan ışığın kesin dalga boyları sorunu– çözmek için onun düşüncesinden yararlandı. Enerjileri çekirdekten uzaklıklarına göre belirlenen ayrık "kabuklarda" yörüngede dönen elektronlu atom yapısını modelleyen Bohr, atomların yayılım spektrumlarını (ışık dalga boylarının dağılımı), elektronlar yörünge atlarken dışarı verilen enerjinin fotonlarıyla açıklayabildi. Ama Bohr'un modeli teorik bir açıklamadan yoksundu ve yalnızca en basit atom olan hidrojen yayılımlarını öngörebiliyordu.

Dalga-benzeri atomlar mı?

Thomas Young'ın çift-yarık deneyiyle ışığın bir dalga gibi davrandığı da kanıtlanmış olmasına rağmen, Einstein'ın düşüncesi parçacık olarak ışık teorisine yeni bir can vermişti. Işığın nasıl hem parçacık hem dalga olabileceği bilmecesi, 1924'te Fransız doktora öğrencisi Louis de

1927, Brüksel'deki Solvay Fizik Konferansı'nda büyüklerin toplantısına tanık oldu. Bazıları şöyle: **1**. Schrödinger, **2**. Pauli, **3**. Heisenberg, **4**. Dirac, **5**. de Broglie, **6**. Born, **7**. Bohr, **8**. Planck, **9**. Curie, **10**. Lorentz, **11**. Einstein.



Ayrıca bkz. Thomas Young 110–11 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Paul Dirac 246–47
Richard Feynman 272–73 ▪ Hugh Everett III 284–85



Broglie ile birlikte yeni bir dönemece girdi; de Broglie'nin önerisi, kuantum devrimini dramatik bir yeni evreye soktu. De Broglie basit bir denklemle, atomaltı dünyada parçacıkların nasıl eşit ölçüde dalga olabildiklerini kanıtlamanın yanı sıra, kütlesi ne olursa olsun her nesnenin bir ölçüde dalga gibi hareket edebildiğini de gösterdi. Başka bir deyişle, ışık dalgalarının parçacık-benzeri özellikleri varsa, o zaman maddenin parçacıklarının da – elektron gibi– dalga-benzeri özellikleri olmalıdır.

Planck basit $E=h\nu$ denklemiyle (E, elektromanyetik kuantumların enerjisi, ν söz konusu ışınımın dalga boyu ve h ise, Planck sabiti olarak bilinen bir sabittir) bir ışık fotonunun enerjisini hesaplamıştı. De Broglie bir ışık fotonunun, normalde yalnızca kütleli parçacıklarla bağlantılı olan ve parçacığın kütlesi hızıyla çarpılarak elde edilen momentumunun da olduğunu gösterdi. De Broglie bir ışık fotonunun momentumunun h bölü dalga boyu olduğunu gösterdi. Ama enerjisi ve kütlesi ışık hızına yakın hızlarda devinimden etkilenebilen parçacıklarla uğraştığı için, de Broglie denklemine Lorentz faktörünü (s. 219) de ekledi. Bu, göreliliğin etkilerini de hesaba katan daha gelişmiş bir versiyon üretti.

De Broglie'nin düşüncesi radikal ve cüretkârdı; ama çok geçmeden, Einstein da dahil, nüfuzlu destekçileri oldu. Hipotezin test edilmesi de görece kolaydı. 1927'ye gelindiğinde iki ayrı laboratuvarda bilim insanları deneyler gerçekleştirip, elektronların ışık fotonlarıyla tamı tamına aynı şekilde kırınıma uğrayıp birbirine karıştıklarını göstermişti. De Broglie'nin hipotezi kanıtlandı.

> Görünürde bağdaşmaz iki kavramın her biri, hakikatin bir yanını temsil edebilir.
> **Louis de Broglie**

Artan önem

Bu arada birçok teorik fizikçi de Broglie'nin hipotezinden etkilenip daha fazla araştırmaya koyuldu. Özellikle, bu tür madde dalgaların özelliklerinin, Bohr'un atom modelinin önerdiği hidrojen atomunun elektron yörüngeleri arasındaki özgül enerji düzeyleri örüntüsüne nasıl yol açabildiğini bilmek istiyorlardı. De Broglie'nin kendisi, her yörüngenin çapı madde dalganın tam sayılı bir dalga boyunu barındırmak zorunda olduğu için örüntünün doğduğunu öne sürmüştü. Elektronun enerji düzeyi atomun pozitif yüklü çekirdeğinden uzaklığına bağlı olduğuna göre, demek ki yalnızca belli uzaklıklar ve belli enerji düzeyleri kararlı oluyordu. Ne var ki,

de Broglie'nin çözümü, madde dalgayı çekirdeğin etrafındaki yörüngeye yakalanmış tek boyutlu bir dalga olarak ele almaya dayanmaktaydı – dalgayı üç boyutuyla tarif etmek için tam bir tasvire ihtiyaç vardı.

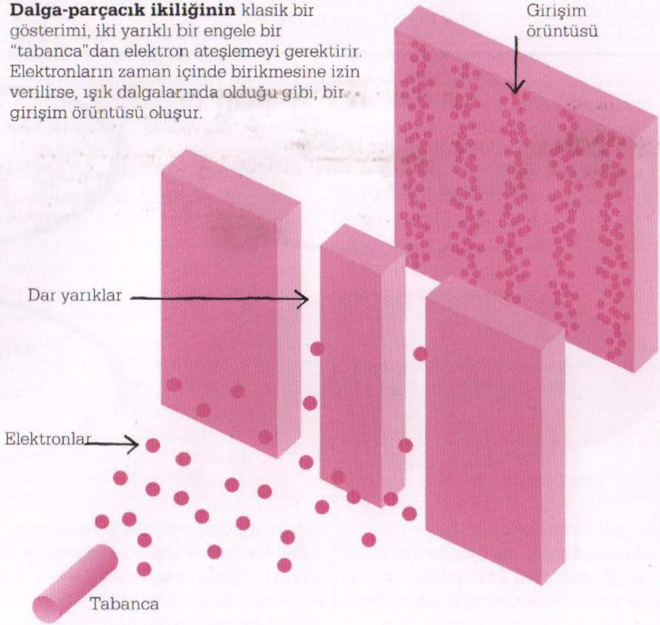
Dalga denklemi

1925'te üç Alman fizikçi, Werner Heisenberg, Max Born ve Pascual Jordan, Bohr'un atom modelinde gerçekleşen kuantum sıçramalarını, matris mekaniği denilen bir yöntemle açıklamaya çalıştı; bu yöntemde bir atomun özellikleri, zaman içinde değişebilen matematiksel bir sistem olarak ele alınmaktaydı. Ne var ki, yöntem atomun içinde fiilen neyin gerçekleştiğini açıklayamadı ve karışık matematik dili pek sevilmedi.

Bir yıl sonra, Zürich'te çalışan Avusturyalı fizikçi Erwin Schrödinger, daha iyi bir yaklaşım buldu. De Broglie'nin dalga-parçacık ikiliğini bir adım daha ileri götürüp, atom-altı bir parçacığın nasıl hareket edebildiğini açıklayacak matematiksel bir dalga devinimi denkleminin var olup olmadığını düşünmeye başladı. Kendi dalga denklemini formüle etmek için, olağan mekanikte enerjiyi ve momentumu yöneten yasalarla işe başladı; sonra bunları, Planck sabitini ve bir parçacığın momentumunu dalga boyuna bağlayan de Borglie yasasını kapsayacak şeklide değiştirdi.

Ortaya çıkan denklemi hidrojen atomuna uyguladığında, deneylerde gözlemlemiş olan atoma özgü enerji düzeylerinin aynısını gösterdi. Denklem başarılıydı. Ama devasa bir sorun yerli yerinde duruyordu; hiç kimse, Schrödinger bile, dalga denkleminin gerçekte tam olarak neyi tarif ettiğini bilmiyordu.

Dalga-parçacık ikiliğinin klasik bir gösterimi, iki yarıklı bir engele bir "tabanca"dan elektron ateşlemeyi gerektirir. Elektronların zaman içinde birikmesine izin verilirse, ışık dalgalarında olduğu gibi, bir girişim örüntüsü oluşur.



Schrödinger bunu elektrik yükünün yoğunluğu olarak yorumlamaya çalıştı; ama bu tam olarak başarılı olmadı. Sonunda Max Born gerçekte ne olduğunu ortaya koydu – bir olasılık genliğiydi. Başka bir deyişle, belirli bir yerde elektron bulma olasılığının ölçüsünü ifade etmekteydi. Matris mekaniğinden farklı olarak Schrödinger dalga denklemi ya da "dalga fonksiyonu," doğru yorumlanmasıyla ilgili daha geniş bir dizi sorun açmasına rağmen, fizikçiler tarafından benimsendi.

Pauli'nin dışarlama ilkesi

Bilmecenin önemli bir parçası da, başka bir Avusturyalının, Wolfgang Pauli'nin sayesinde yerine oturdu. Pauli, bir atomun içindeki bütün elektronların neden otomatik olarak olası en düşük enerji durumuna düşmediklerini açıklamak için, dışarlama ilkesini geliştirdi. Bir parçacığın genel kuantum durumunun, her biri sabit sayıda olası ayrık değere sahip belli sayıda özellikle tanımlanabildiğini düşünen dışarlama ilkesine göre, aynı sistem içinde iki parçacığın eş zamanlı olarak aynı kuantum durumuna sahip olması olanaksızdı.

Periyodik tabloda görünen elektron kabukları örüntüsünü açıklamak için Pauli, elektronların dört ayrı kuantum sayısıyla açıklanması gerektiğini hesapladı. Bu sayıların üçü –temel, dikey ve manyetik kuantum sayıları– elektronun kullanılabilir yörünge kabukları ve alt-kabukları içindeki kesin yerini tanımlar; açısal ve manyetik sayıların değeri, temel sayının değeriyle sınırlanır. İki olası

değeri olan dördüncü sayı, iki elektronun enerji düzeyleri biraz farklı her alt-kabukta birlikte var olmalarının nedenini açıklamak için gerekliydi. Hep birlikte sayılar, sırasıyla 2, 6, 10 ve 14 elektron kabul eden atom yörüngelerinin varlığını pürüzsüz açıklamaktaydı.

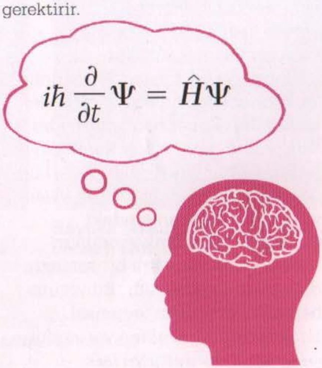
Bugün dördüncü kuantum sayısı spin olarak bilinir; bir parçacığın iç açısal momentumudur (yörüngede dönerken kendi etrafında dönüşünün yarattığı) ve tam ya da buçuklu sayı olan pozitif ya da negatif değerleri vardır. Birkaç yıl sonra Pauli, spin değerlerinin bütün parçacıkları iki büyük gruba ayırdığını gösterdi – elektronlar (buçuk spinli) gibi, Fermi-Dirac istatistiği (s. 246-47) olarak bilinen bir kurallar kümesine uyan fermiyonlar ve fotonlar (sıfır ya da tam sayı spinli) gibi, Bose-Einstein istatistiği olarak bilinen farklı kurallara uyan bozonlar. Yalnızca fermionlar dışarlama ilkesine uyar ve bunun, çarpışan yıldızlardan Evren'i meydana getiren basit parçacıklara kadar her şeyi anlamak bakımından önemli içerimleri vardır

Pauli'nin dışarlama ilkesiyle birleşen Schrödinger'in dalga denklemi, bir atomun içindeki yörüngeler, kabuklar ve alt-kabuklara ilişkin yeni ve daha derin bir anlayışa olanak verdi. Dalga denklemi onları klasik yörüngeler gibi –elektronların çekirdeğin etrafında iyi tanımlanmış dönüş yolları olarak– düşünmek yerine, aslında olasılık bulutları –belli kuantum sayılı bir elektronun bulunmasının olası olduğu halka şeklinde ve kulak memesi şeklinde bölgeler– olduklarını gösterir (s. 256).

Schrödinger'in yaklaşımının önemli bir başarısı da, radyoaktif alfa bozunumu –tam oluşmuş bir alfa parçacığının (iki proton ve iki nötrondan oluşan) atomun çekirdeğinden kaçması– için bir açıklama sunmasıydı. Klasik fiziğe göre, çekirdek bozulmamış kalmak için, parçacıkların ondan kaçmasını önlemeye yetecek kadar dik bir potansiyel kuyusuyla çevrili olması gerekirdi. (Potansiyel kuyusu, uzayda potansiyel enerjinin çevresinden daha düşük olduğu, yani parçacıkları kaptığı bölgedir.) Kuyu yeterince dik olmasaydı, çekirdek tamamen dağılırdı. O halde, alfa bozunumunda görülen aralıklı yayılımlar gerçekleşirken, geriye kalan çekirdek nasıl bozulmadan kalabilir? Dalga denklemleri sorunun üstesinden geldi; çünkü çekirdeğin içindeki alfa parçacığının enerjisinin değişmesine izin vermekteydi. Çoğu zaman enerjisi onu hapis tutacak kadar düşük olur; ama arada bir duvarı aşıp kaçacak kadar yükselir (şimdi kuantum sızması olarak bilinen bir etki). Dalga denkleminin olasılık kestirimleri, radyoaktif bozunumun kestirilemez doğası uygundu.

Belirsizlik ilkesi

Schrödinger'in denklemi, en genel biçimiyle, bir kuantum sisteminin zaman içinde gelişimini gösterir. Karmaşık sayıların kullanılmasını gerektirir.



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Psi = \hat{H}\Psi$$



Erwin Schrödinger

1887'de Viyana'da doğan Erwin Schrödinger Viyana Üniversitesinde fizik okudu; aynı üniversitede asistan olarak çalıştı, ardından I. Dünya Savaşına katıldı. Savaştan sonra önce Almanya'ya, ardından İsviçre'de Zurich Üniversitesine taşınıp en önemli çalışmalarını yeni doğan kuantum fiziği alanında orada gerçekleştirdi. 1927'de Almanya'ya döndü ve Berlin Humboldt Üniversitesinde Max Planck'ın yerine geçti.

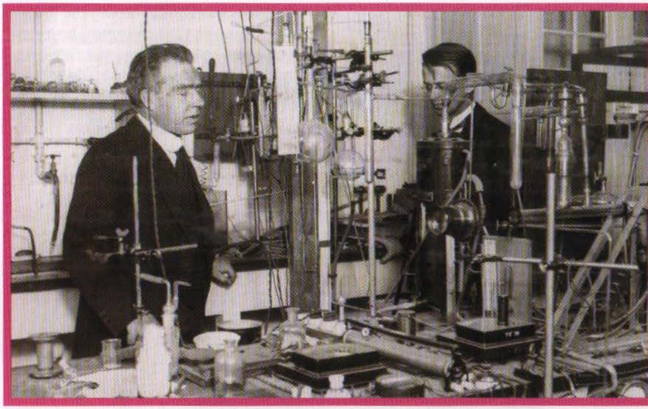
Schrödinger sözünü sakınmayan bir Nazi karşıtıydı ve 1934'te Oxford Üniversitesinde bir görev için Almanya'dan ayrıldı. Kuantum dalga denkleminden ötürü 1933 Nobel Fizik Ödülünü Paul Dirac'la paylaştığını Oxford'ta öğrendi. 1936'ta Avusturya'ya geri döndü, ama Almanya'nın ülkeyi ilhakından sonra tekrar kaçmak zorunda kaldı. İrlanda'ya yerleşti ve 1950'lerde Avusturya'ya çekilene kadar orada kaldı.

Önemli eserleri

1920 *Colour Measurement*
1926 *Quantization as an Eigenvalue Problem*

20. yüzyılın ortasında kuantum fiziğinin gelişimini şekillendiren (ve bugün esas olarak hâlâ çözülmemiş olan) büyük tartışma, dalga fonksiyonunun gerçeklik bakımından ne anlama geldiğiyle ilgiliydi. Yirmi yıl önceki Planck/ Einstein tartışmasını hatırlatırcasına, de Broglie kendisinin ve Schrödinger'in denklemlerini hareketi tarif eden salt matematiksel alet olarak görüyordu: De Broglie'ye göre elektron hâlâ esas olarak bir parçacıktı –devinimini ve yerini yöneten bir dalga özelliğine sahip bir parçacık. Schrödinger'e göre ise, dalga denklemi çok daha önemliydi –elektronun özelliklerinin fiziksel olarak uzaya "yayılma" şeklini tarif etmekteydi. Schrödinger'in yaklaşımına muhalefet, Werner Heisenberg'in yüzyılın başka bir büyük düşüncesini –belirsizlik ilkesi– geliştirmesine esin kaynağı oldu (s. 234-35). Dalga fonksiyonunun, bir parçacığın uzayda bir noktayla "sınırlı" olamayacağı ve aynı zamanda tanımlanmış bir dalga boyunun olduğu anlamına geldiği anlaşılmıştı. Örneğin bir parçacığın konumu ne kadar doğru "saptanırsa," momentumunu ölçmek o kadar zor olur. Bu nedenle, bir kuantum dalga fonksiyonuyla tanımlanan parçacıklar, genel bir belirsizlik durumunda vardı.

> Tanrı bilir, olasılık teorisinin dostu değilim; aziz dostumuz Max Born doğurduğu ilk andan itibaren ondan nefret ettim.
> **Erwin Schrödinger**



Danimarkalı Niels Bohr (solda), Walter Heisenberg'le birlikte çalışıp Schrödinger'in dalga fonksiyonunun Kopenhag yorumunu formüle etti.

Kopenhag yolu

Bir kuantum sisteminin özelliklerinin ölçülmesi, her zaman, parçacığın dalga-benzeri yayılma halinde değil, daha çok bir yerde olduğunu açığa çıkardı. Klasik fizik ve gündelik yaşam ölçeğinde pek çok durum, üst üste binen binlerce olasılıktan çok belirli ölçümleri ve belirli sonuçları gerektirmekteydi. Kuantum belirsizliğini gerçeklikle uzlaştırma meydan okumasına, ölçüm sorunu denilir ve bu soruna, yorum olarak bilinen çeşitli yaklaşımlar öne sürüldü.

Bunların en ünlüsü, Niels Bohr ve Werner Heisenberg'in 1927'de tasarladığı Kopenhag yorumudur. Bu yoruma göre, bizzat kuantum sistemi ile büyük ölçekli, dışsal bir gözlemci ya da aygıt (fiziğin klasik yasalarına tabi) arasındaki etkileşim dalga fonksiyonunun "çökme"sine ve belirli bir sonucun doğmasına neden olur. Bu yorum herhalde en yaygın (evrensel olmasa da) kabul gören yorumdur ve elektron kırınımı ve ışık dalgaları için çift-yarık deneyi gibi deneylerle doğrulanmış gibi görünüyor. Işığın ya da elektronların dalga-benzeri yanlarını açığa vuran bir deney tasarlamak olanaklıdır; ama aynı aygıtta bireysel parçacıkların özelliklerini kaydetmek olanaksızdır.

Bununla birlikte, parçacık gibi küçük ölçekli sistemler ele alındığında Kopenhag yorumu makul göründüğü halde, ölçülene kadar hiçbir şeyin belirli olmadığı iması birçok fizikçiyi rahatsız etmekteydi. Einstein ünlü "Tanrı zar atmaz" yorumunu yaparken, Schrödinger, gülünç bir durum olarak gördüğü şeyi göstermek için bir düşünce deneyi tasarladı.

Mantıksal sonucuna götürülen Kopenhag yorumu, görünürde saçma bir paradoksla sonuçlandı. Schrödinger, radyoaktif bir kaynağa bağlı küçük bir şişe zehir barındıran kapalı bir kutu içinde bir kediyi kafasında canlandırdı.

Kaynak bozunur ve bir ışınım parçacığı yayarsa, bir mekanizmanın serbest bıraktığı çekiç zehir şişesinin üzerine düşüp kırar. Kopenhag yorumuna göre, radyoaktif kaynak gözlemlenene kadar dalga fonksiyonu biçiminde ("iki olası sonucun üst üste binmesi" denilen) kalır. Ama öyleyse, aynı şey kedi için de söylenmelidir.

Yeni yorumlar

Schrödinger'in kedisi gibi açık paradokslardan memnuniyetsizlik, bilim insanlarını kuantum mekaniğinin çeşitli alternatif yorumlarını geliştirmeye teşvik etti. Bunların en ünlülerinden biri, 1956'da Amerikalı fizikçi Hugh Everett'in öne sürdüğü "Çoklu Dünyalar Yorumu"dur. Bu yorum, herhangi bir kuantum olayı sırasında Evren'in olası her sonuç için karşılıklı olarak gözlemlenemez almaşık tarihlere bölündüğünü öne sürerek paradoksu çözdü. Başka bir deyişle, Schrödinger'in kedisi hem canlı hem ölü olurdu.

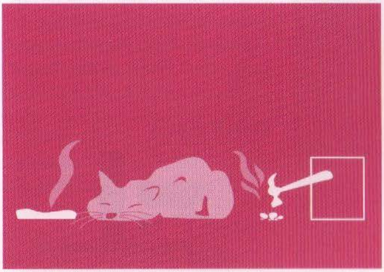
"Tutarlı Tarihler" yaklaşımı, karmaşık matematik kullanıp Kopenhag yorumunu genelleştirerek sorunu daha az radikal bir biçimde ele alır. Dalga fonksiyonunun çöküşüyle ilgili konulardan uzak durur; onun yerine hem kuantum ölçeğinde hem klasik ölçekte çeşitli senaryolara ya da "tarihlere" tahsis edilecek olasılıklara izin verir. Bu yaklaşım, bu tarihlerden yalnızca birinin sonunda gerçekliğe uyacağına kabul eder, ama hangi sonucun olacağının öngörülmesine izin vermez – yalnızca kuantum fiziğinin, dalga fonksiyonu çöküşü olmadan gördüğümüz Evren'e nasıl yol açabildiğini tarif eder.

Toplu ya da istatistiksel yaklaşım, Einstein'ın desteklediği minimalist bir matematiksel yorumdur. De Broglie'nin dalga denklemine başlangıçtaki tepkisinden gelişen de Broglie-Bohm teorisi, olasılıkçı değil kesin nedensel bir açıklama girişimidir ve Evren'in gizli bir "dolaşık" düzeni olduğunu kabul eder. Etkileşimsel yaklaşım, zaman içinde hem ileri hem geri hareket eden dalgaları gerektirir.

Herhalde en şaşırtıcı olasılık yorumu, teolojinin eşiğine varan yaklaşımdır. 1930'larda çalışan Macaristan doğumlu matematikçi John von Neumann'ın vardığı sonuca göre, ölçüm sorunu bütün Evren'in evrensel dalga fonksiyonu olarak bilinen her şeyi kapsayıcı bir dalga denklemine tabi olduğunu ve biz çeşitli yanlarını ölçerken sürekli çöktüğünü ima eder. Von Neumann'ın meslektaşı ve memleketlisi Eugene Wigner teoriyi alıp genişletti ve dalga fonksiyonunun çökmesine neden olan şeyin, basitçe büyük ölçekli sistemlerle etkileşim olmadığını –zeki bir bilincin varlığı olduğunu– öne sürdü. ■



Kapalı bir kutunun içindeki kedi, kutunun içindeki radyoaktif bir kaynak bozunmadığı sürece canlı kalır.

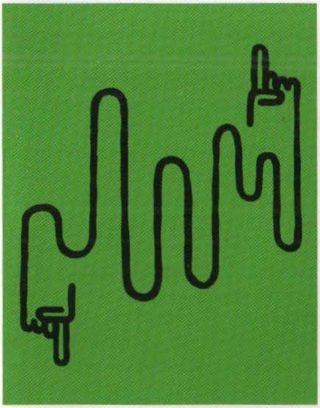


Kaynak bozunursa, zehir salar ve kedi ölür.



Kaynağın bozunup bozunmadığını anlamak için sistemi ölçmemiz gerekir. O zamana kadar kediyi hem ölü hem canlı saymalıyız.

Schrödinger'in düşünce deneyi, Kopenhag yorumunun katı bir okumasına göre, bir kedinin aynı zamanda hem ölü hem canlı olduğu bir durumu üretir.



BELİRSİZLİK KAÇINILMAZDIR

WERNER HEISENBERG (1901–1976)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1913 Niels Bohr kuantumlu ışık kavramını kullanarak, atomun içindeki elektronlarla bağlantılı özgül enerji düzeylerini açıklar.

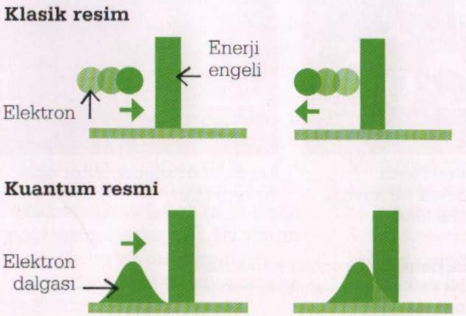
1924 Louis de Broglie, tıpkı ışığın parçacık-benzeri özellikler sergileyebilmesi gibi, en küçük ölçekte parçacıkların da dalga-benzeri davranış gösterebileceği önerisinde bulunur.

SONRA
1927 Heisenberg ve Bohr, kuantum düzeyinde olayların büyük ölçekli (makroskopik) dünyayı etkileme şekline ilişkin oldukça nüfuzlu Kopenhag yorumunu ortaya atar.

1929 Heisenberg ve Wolfgang Pauli, temeli Paul Dirac tarafından atılan kuantum alanı teorisinin gelişimi üzeride çalışır.

1924'te Louis de Broglie'nin maddenin en küçük ölçeklerinde atom-altı parçacıkların dalga-benzeri özellikler sergilediğini önermesinden sonra, çok sayıda fizikçi dikkatini, bir atomun karmaşık özelliklerinin onu oluşturan parçacıklarla bağlantı "madde dalgaları"nın etkileşiminden nasıl doğabildiğini anlama sorununa yöneltti. 1925'te Alman bilim insanları Werner Heisenberg, Max Born ve Pascual Jordan "matris mekaniği"ni kullanarak, hidrojen atomunun zaman içindeki gelişimini modelledi. Bu yaklaşımın yerini daha sonra Erwin Schrödinger'in dalga işlevi aldı. Danimarkalı fizikçi Niels Bohr'la birlikte çalışan Heisenberg, Schrödinger'in çalışmalarını temel alıp, olasılık yasalarının yönettiği kuantum sistemlerinin büyük ölçekli dünyayla nasıl etkileştiklerine ilişkin "Kopenhag yorumu"nu geliştirdi. Bunun temel öğesi, kuantum sistemlerinde belirleyebildiğimiz özelliklerin doğruluğunu sınırlayan "belirsizlik ilkesi"dir.

Belirsizlik ilkesi matris mekaniğinin matematiksel bir sonucu olarak doğdu. Heisenberg kendi matematiksel yönteminin, belli özellik çiftlerinin mutlak bir kesinlikle eşzamanlı olarak



Kuantum sızması, Heisenberg ilkesiyle açıklanır. Bir elektronun, yetersiz enerjiye sahipmiş gibi görünse bile bir engelden geçebilme olasılığı sıfır değildir.

Ayrıca bkz. Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Richard Feynman 272–73 ▪ Hugh Everett III 284–85

Atom-altı parçacıkların **dalga-benzeri nitelikleri** vardır.
→
Yani bir parçacığın hem **konumunu** hem **momentumunu doğru bir biçimde ölçemezsiniz.**
↓
Bu belirsizlik, **Evren'in asli** bir özelliğidir.
→
Belirsizlik kaçınılmazdır.

belirlenmesine izin vermeyeceğini anladı. Örneğin, bir parçacığın konumu ne kadar çok doğru ölçülürse, momentumu o kadar daha az doğru belirlenebilir ve tersi. Heisenberg özellikle bu iki özellik için ilişkinin şöyle yazılabileceğini gördü: Δx konumun belirsizliği, Δp momentumun belirsizliği ve h Planck sabitinin (s. 202) değiştirilmiş bir versiyonu olmak üzere

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar /2$$

Belirsiz bir Evren

Belirsizlik ilkesi genellikle kuantum-ölçeğinde ölçümlerin bir sonucu olarak tarif edilir –örneğin atom-altı bir parçacığın konumunu belirlemenin bir tür kuvvet uygulamayı gerektirdiği; bunun da, kinetik enerjisinin ve momentumunun daha kötü belirlenmesi demek olduğu söylenir. İlk önce Heisenberg'in öne sürdüğü bu açıklama, aralarında Einstein da olmak üzere birçok bilim insanının, bir "hile" biçimiyle konumun ve momentumun eşzamanlı ve doğru bir ölçüsünü alabilecek düşünce deneyleri tasarlamaya zaman harcamalarına yol açtı. Ne var ki, hakikat çok daha tuhaftır – belirsizliğin, kuantum sistemlerinin asli bir özelliği olduğu anlaşılıyor

Konu hakkında düşünmenin yararlı bir yolu, madde dalgalarını parçacıklarla bağlantılı değerlendirmektir: Bu durumda, parçacığın momentumu bütünsel enerjisini ve dolayısıyla dalga boyunu etkiler – fakat parçacığın konumunu ne kadar kesin belirlersek, dalga fonksiyonu ve dolayısıyla dalga boyu hakkında o kadar az bilgimiz olur. Öte yandan, dalga boyunu doğru ölçmek, daha geniş bir uzay bölgesini değerlendirmemizi ve dolayısıyla parçacığın kesin konumuyla ilgili bilgiyi feda etmemizi gerektirir. Bu tür düşünceler büyük ölçekli dünyada yaşadıklarımıza çok ters gibi görünebilir; ama birçok deneyle gerçek oldukları kanıtlanmıştır ve modern fiziğin önemli bir temelini oluşturur. Belirsizlik ilkesi, bir parçacığın, enerjisi aksini gösterse bile bir engelden "sızabildiği" kuantum sızması gibi, görünürde tuhaf gerçek yaşam olgularını açıklar. ■



Werner Heisenberg

1901'de Güney Almanya'nın Würzburg kentinde doğan Werner Heisenberg, Max Bohr'dan ders aldığı ve gelecekteki çalışma arkadaşı Niels Bohr'la ilk kez karşılaştığı Münih ve Göttingen üniversitelerinde matematik ve fizik okudu.

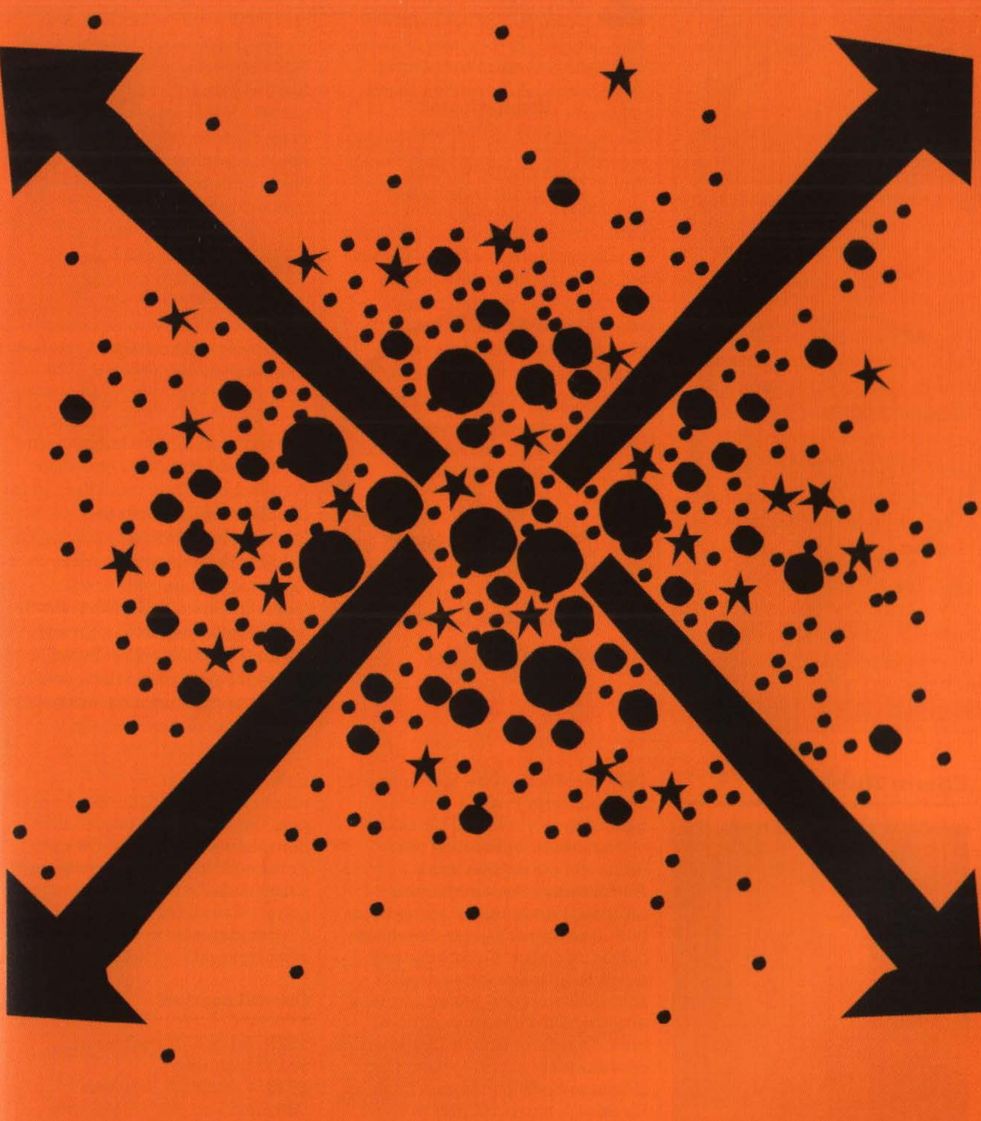
Kopenhag yorumu ve belirsizlik ilkesi üzerine çalışmalarıyla ünlüdür; ama Heisenberg kuantum alan teorisine de önemli katkılarda bulundu ve kendi karşı-madde teorisini geliştirdi. 1932'de Nobel Fizik Ödülünü aldı ve en genç ödül sahibi oldu; kazandığı itibar, ertesi yıl iktidarı ele geçiren Nazilere karşı çıkmasını olanaklı kıldı. Bununla birlikte, Almanya'da kalmayı seçti ve II. Dünya Savaşı sırasında ülkenin nükleer enerji programını yönetti.

Önemli eserleri

1927 *Quantum Theoretical Re-interpretation of Kinematic and Mechanical Relations*
1930 *The Physical Principles of the Quantum Theory*
1958 *Physics and Philosophy*

EVREN BÜYÜKTÜR... VE DAHA DA BÜYÜYOR

EDWIN HUBBLE (1889–1953)



KISACA

BİLİM DALI
Evren bilim

ÖNCE
1543 Nicolaus Copernicus, Yer'in Evren'in merkezi olmadığı sonucuna varır.

17. yüzyıl Yer'in Güneş'in etrafındaki yörüngesinin sunduğu değişik yıldız görüntüleri, yıldızların uzaklığını ölçmek için paralaks yöntemine yol açar.

19. yüzyıl Teleskopların iyileşmesi, yıldız ışıklarının incelenmesine ve astrofiziğin doğuşuna zemin hazırlar.

SONRA
1927 Georges Lemaitre, Evren'in tek bir köken noktasına kadar izinin sürülebileceğini öne sürer.

1990'lar Astronomlar Evren'in genişlemesinin hızlanmakta olduğunu, kara enerji olarak bilinen bir kuvvetten güç aldığını keşfeder.

20. yüzyılın başına gelindiğinde Evren'in ölçeğiyle ilgili düşünceler astronomları iki düşünce okuluna bölmüştü – evrenin tamamının Samanyolu galaksisinden ibaret olduğuna inananlar ve Samanyolu'nun sayısız galaksiden yalnızca biri olduğunu düşünenler. Edwin Hubble bilmeceyi çözecek ve Evren'in hayal edilenden çok daha büyük olduğunu gösterecekti.

Tartışmanın anahtarı, "sarmal bulutsu"nun doğasıydı. Bugün bulutsu, toz ve gazdan oluşan yıldızlararası bir bulut için kullanılan terimdir; ama bu tartışmanın olduğu dönemde, daha sonra Samanyolu'nun ötesindeki galaksiler oldukları anlaşılan nesneler de dahil, her türlü amorf ışık bulutu için kullanılan addı.

> Değişkenlerin parlaklığı ile periyotları arasında basit bir ilişki vardır.
> **Henrietta Leavitt**

19. yüzyılda teleskoplar önemli ölçüde iyileşince, bulutsu olarak kataloglanan bazı nesneler farklı sarmal özelikler göstermeye başladı. Aynı zamanda, spektroskopinin (madde ile ışınan enerji arasındaki etkileşimin incelenmesi) gelişmesi, bu sarmalların aslında sorunsuz harmanlanan sayısız bireysel yıldızdan oluştuğunu gösterdi.

Bu bulutsuların dağılımı da ilginçti – Samanyolu düzleminde bir araya toplanan diğer nesnelerden farklı olarak, düzlemden uzak kara göklerde daha fazla yaygındılar. Sonuç olarak bazı astronomlar, 1755'te bulutsuların "ada evren" olduğunu öne süren Alman filozof Immanuel Kant'ın bir düşüncesine benimsedi – Samanyolu'na benzeyen, ama çok daha uzak ve galaksimizdeki malzeme dağılımının şimdi galaksiler arası dediğimiz uzayda açık bir görüşe izin verdiği yerlerde görünür olan sistemler. Evren'in kapsam bakımından daha sınırlı olduğuna inanmaya devam edenler, sarmalların Samanyolu'nun

Edwin Hubble



1889'da Missouri'de Marshfield'de doğan Edwin Powell Hubble, gençliğinde yetenekli bir atlet olarak kendini gösteren çok rekabetçi bir doğası vardı. Astronomiye ilgi duymasına rağmen, babasının isteğine uyup hukuk okudu; 25 yaşında, babası öldükten sonra, ilk tutkusunun peşinde gitmeye karar verdi. I. Dünya Savaşı'nda askeri alınınca araştırmaları kesintiye uğradı; ama Amerika Birleşik Devletleri'ne dönüşünden sonra, Wilson Dağı Gözlemevinde çalışmaya başladı. En önemli çalışmalarını orada yaptı, 1924-25'te "dış galaksi bulutsular" üzerine araştırmasını ve 1929'da kozmik genişleme kanıtını yayımladı. Sonraki yıllarda Nobel Ödülü Komitesi'nin astronomiyi de ödül listesine kabul etmesi için çalıştı. Kurallar 1953'te onun ölümünden sonra değişti ve bu yüzden kendisi ödülü alamadı.

Önemli eserleri

1925 *Cepheid Variables in Spiral Nebulae*
1929 *A Relation Between Distance and Radial Velocity among Extra-galactic Nebulae*

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Christian Doppler 127 ▪ Georges Lemaître 242–45



Henrietta Leavitt sağken fazla tanınmadı; ama Sefe değişken yıldızlarla ilgili keşifleri, astronomların Yer'in çok uzak galaksilere uzaklığını ölçmesine olanak veren anahtardı.



yörüngesinde oluşma sürecinde olan güneşler ya da güneş sistemleri olabileceğini savundu.

Atımlı yıldızlar

Süre gelen bu bilmecenin yanıtları birkaç evrede geldi; ama herhalde en önemlisi, yıldızlara uzaklığı ölçmenin doğru bir yolunun saptanmasıydı. Atılım, Harvard Üniversitesinde yıldız ışığının özelliklerini analiz eden kadın astronomlar ekibinden Henrietta Swan Leavitt'in çalışmasıyla geldi.

Leavitt değişken yıldızların davranışına merak sardı. Bu yıldızlar, ömürlerinin sonuna yaklaştıkça periyodik olarak genişledikleri ve daraldıkları için parlaklıkları dalgalanıyormuş ya da titreşiyormuş gibi görünen yıldızlardı. Leavitt Macellan Bulutları'nın –güney gökyüzünde görülebilen, Samanyolu'nun yalıtık "kümeleri" gibi görünen iki küçük ışık parçası– fotoğraf plakalarını incelemeye başladı. Bulutlardan her birinin çok sayıda değişken yıldız barındırdığını buldu ve bunları çok farklı fotoğraf plakaları üzerinde karşılaştırarak, ışıklarının düzenli bir döngü halinde değiştiğini gördüğü gibi, döngünün periyodunu da ortaya çıkarabildi.

Bu küçük, donuk, yalıtık yıldız bulutlarına yoğunlaşan Leavitt, içindeki yıldızların Yer'den az çok aynı uzaklıkta olduklarını güvenle varsayabildi. Uzaklığı bilememesine rağmen, yıldızların "görünen büyüklüklerindeki" (gözlemlenen parlaklık) farklılıkların "mutlak büyüklüklerindeki" (fiili parlaklık) farklılıkların bir işareti olduğunu varsaymaya yeterliydi. İlk sonuçlarını 1908'de yayımlayan Leavitt, bazı yıldızların değişkenlik periyotları ile mutlak büyüklükleri arasında bir ilişki varmış gibi göründüğünü laf arasında not etti; ama bu ilişkinin var olduğunu ortaya çıkarması bir dört yılını daha aldı. Sefe değişeni olarak bilinen belli bir değişken yıldız tipi için, parlaklığı daha fazla olan yıldızların daha uzun değişkenlik periyotları olduğu anlaşıldı.

Leavitt'in "periyoda-parlaklık" yasası, Evren'in ölçeğinin kilidini açan anahtarı gösterdi – yıldızın değişkenlik periyodundan mutlak

> Uzayda hep daha ileriye ulaşıyoruz; ta ki saptanabilen en solgun bulutsuyla birlikte bilinen Evren'in sınırına varıncaya kadar.
> **Edwin Hubble**

büyüklüğünü çıkarabiliyorsanız, o zaman yıldınız Yer'den uzaklığı da görünen büyüklüğünden hesaplanabilir. Bunu ortaya çıkarmada ilk adım, ölçeği ayarlamaktı ve bunu 1913'te İsveçli astronom Ejnar Hertzsprung yaptı. Paralaks yöntemini (s. 39) kullanarak görece yakın 13 Sefe yıldızın uzaklığını çıkardı. Sefe değişenleri son derece parlaktı – Güneş'imizden binlerce kat daha parlak (modern terminolojide sarı süper devler). Bu yüzden teoride ideal bir "standart mum"dular – büyük kozmik uzaklıkları ölçmek için parlaklıkları kullanılabilen yıldızlar. Ama astronomların en iyi çabalarına rağmen, sarmal bulutsu içindeki Sefe değişenleri inatla anlaşılmaz kaldılar.

Büyük Tartışma

1920'de Washington DC'de Smithsonian Müzesi, Evren'in ölçeği konusunu kesin bir biçimde halletme umuduyla birbirine rakip iki kozmoloji okulu arasında bir tartışmaya ev sahipliği yaptı. Saygın Princeton astronomu Harlow Shapley, "küçük Evren" tarafının sözcüsüydü. Leavitt'in Sefelerle ilgili çalışmalarını kullanıp, küresel kümelerin (Samanyolu'nun etrafındaki yörüngede bulunan yoğun yıldız kümeleri) uzaklığını ölçen ve tipik olarak birkaç bin ışık yılı uzakta olduklarını keşfeden ilk kişi olmuştu. 1918'de RR Lyrae yıldızlarını (Sefeler gibi davranan daha sönük yıldızlar) kullanarak Samanyolu'nun büyüklüğünü hesaplamış ve Güneş'in onun merkezinden çok uzak olduğunu göstermişti. Savları, çok galaksili çok büyük bir Evren fikrine kuşkuyla bakan kamuoyuna çekici gelmekteydi; ama özel kanıtlar da (daha sonra doğru olmadıkları kanıtlanacaktı) sunmaktaydı – yıllar içinde bazı astronomların sarmal bulutsuların döndüğünü fiilen gözlemlediğine ilişkin raporlar gibi. Bulutsunun bazı parçaları ışık hızını aşmadan bunun gerçekleşmesi için, görece küçük olmalıydılar.

"Ada Evren" destekçilerini, Pittsburg Üniversitesi Allegheny Gözlemevi'nden Heber D. Curtis temsil etmekteydi. Savlarını, uzak sarmallardaki ve Samanyolu'muzdaki parlak "nova" patlamalarının oranları arasında yapılan karşılaştırmalara dayandırdı. Novalar, uzaklık göstergesi işlevi görebilen çok parlak yıldız patlamalarıdır.

Curtis can alıcı başka bir faktörü de kanıt gösterdi – birçok sarmal bulutsunun sergilediği yüksek kızıla kayma. Bu olgu 1912'de Arizona'daki Flagstaff Gözlemevi'nde Vesto Slipher tarafından keşfedilmişti – bir bulutsunun spektral çizgi örüntüsünde spektrumun kızıl ucuna doğru bariz kaymalarla görülen Slipher, Curtis ve daha birçok kişi bunlara Doppler etkisinin (kaynak ile gözlemci

Andromeda bulutsusundaki Sefe değişken yıldızlardan gelen ışığı ölçen Hubble, Andromeda'nın 2,5 milyon ışık yılı uzakta –ve kendi başına bir galaksi– olduğunu saptadı.



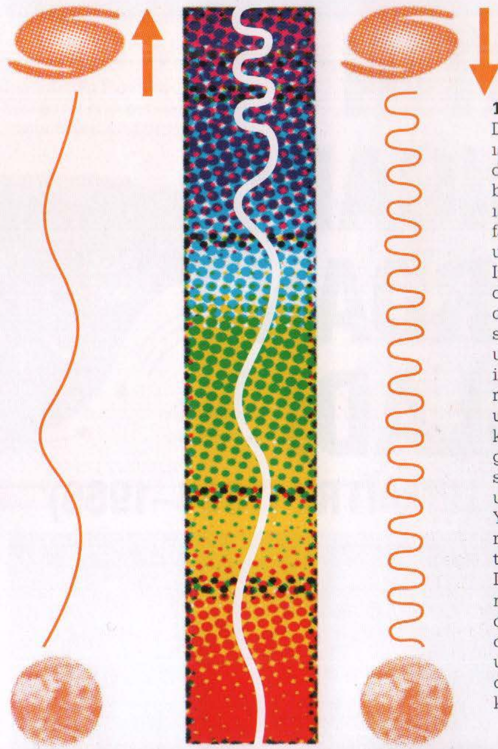
arasındaki göreli devinim nedeniyle ışığın dalga boyunda bir değişiklik) neden olduğuna ve dolayısıyla bulutsuların çok yüksek hızlarla – Samanyolu'nun çekim kuvvetinden kurtulacak kadar hızlı– bizden uzaklaştıklarına inanmaktaydı.

Evren'i ölçmek

1922-23'te Wilson Dağı Gözlemevinden Milton Humason ve Edwin Hubble, gizeme kesin bir biçimde son verecek bir konumdaydı. Gözlemevi'nin yeni 2,5 metrelik Hooker Teleskopu'nu (o sırada dünyanın en büyük teleskopu) kullanarak, sarmal bulutsular içinde parlayan Sefe değişkenleri saptamaya koyuldular ve bu kez, en büyük ve en parlak bulutsuların birçoğunda Sefeler bulmayı başardılar.

Sonra Hubble bu Sefelerin değişkenlik periyotlarını ve dolayısıyla mutlak büyüklüklerini çıkardı. Bundan, bir yıldızın görünür büyüklüğüyle basit bir karşılaştırma yıldızın uzaklığını açığa çıkardı, tipik olarak milyonlarca ışık yılını tutan rakamlar üretti. Bu, sarmal bulutsuların gerçekten çok büyük, yıldız sistemlerinden bağımsız, Samanyolu'nun çok ötesinde olduklarını ve büyüklük bakımından Samanyolu'yla boy ölçüştüklerini kesin bir biçimde kanıtladı. Sarmal bulutsulara bugün doğru bir adlandırmayla sarmal galaksi denilmektedir. Evren'e bakış tarzımızdaki bu devrim yetmezmiş gibi, Hubble galaksi uzaklıklarının Slipher'in keşfettiği kızıla kaymalarla nasıl ilişkili olduğuna bakmaya yöneldi – ve burada dikkate değer bir ilişki buldu. 40'tan fazla galaksinin kızıla kaymalarıyla uzaklıklarını çıkaran Hubble, kabaca doğrusal bir örüntü sergiledi: Bir galaksi ne kadar uzaksa, ortalama olarak, kızıla kayması o kadar büyüktür ve dolayısıyla Yer'den o kadar hızlı geri çekilir. Hubble, bunun nedeninin galaksimizin sevimsizliği olamayacağını, genel bir kozmik genişlemenin sonucu olması gerektiğini hemen anladı – başka bir deyişle, uzayın kendisi genişliyor ve her galaksiyi kendisiyle birlikte taşıyor. İki galaksi arasındaki mesafe ne kadar genişse, aralarındaki uzay o kadar hızlı genişler. Uzayın genişleme hızı, çok geçmeden "Hubble sabiti" olarak anıldı. 2001'de Hubble'ın adını taşıyan uzay teleskopu tarafından kesin olarak ölçüldü.

Ondan çok önce Hubble'ın genişleyen Evren keşfi, bilim tarihinin en ünlü düşüncelerinden birine yol açmıştı – Büyük Patlama teorisi (s. 242-45). ■

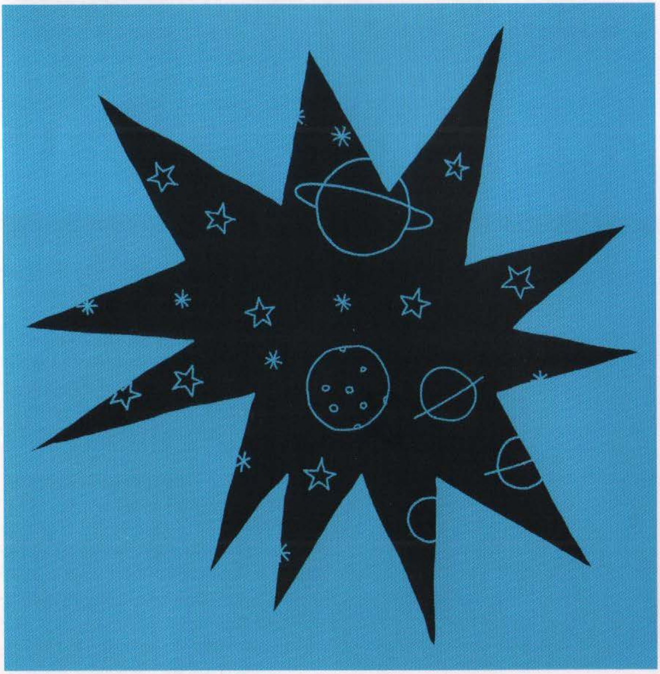


1842'de Christian Doppler (s. 127) bir ışık kaynağı bize doğru geliyor ya da bizden uzaklaşıyorsa, ışık dalgalarının bize farklı oranlarda ulaştığını gösterdi. Işık kaynağı bize doğru geliyorsa, dalgalar ışık spektrumunun mavi ucunda toplandığı için daha mavi bir renk görürüz; bizden uzaklaşıyorsa, daha kırmızı bir renk görürüz. Hubble, sodyum ışığının uzak galaksilerde Yer'dekiyle aynı renkte olduğunu tahmin etti; ama Doppler etkisi nedeniyle, bize doğru gelmesine ya da bizden uzaklaşmasına bağlı olarak, maviye ya da kızıla kayar.

> Beş duyuyla donatılan insan kendi etrafındaki evreni araştırır ve bu maceraya bilim der.
> **Edwin Hubble**

UZAYIN YARIÇAPI SIFIRDAN BAŞLADI

GEORGES LEMAÎTRE (1894–1966)



KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
1912 ABD'li astronom Vesto Slipher sarmal bulutsuların yüksek kızıla kaymalarını keşfeder, yüksek hızlarda Yer'den uzaklaştıklarını gösterir.

1923 Edwin Hubble sarmal bulutsuların uzak, bağımsız galaksi olduklarını doğrular.

SONRA
1980 ABD'li fizikçi Alan Guth, erken Evren'de bugün gördüğümüz koşulları üreden kısa bir dramatik şişme dönemi önerisinde bulunur.

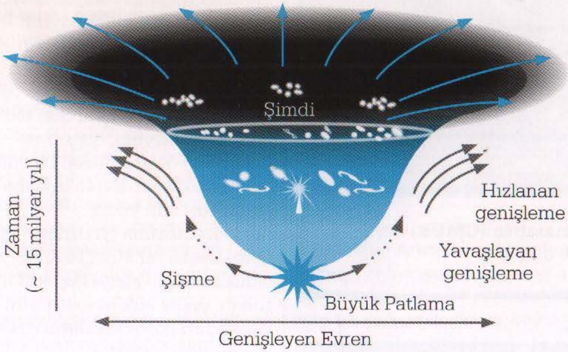
1992 COBE (Cosmic Background Explorer –Kozmik Arka Plan Kaşifi) uydusu, kozmik mikrodalga arka plan ışımasında (CMBR) küçük dalgacıklar saptar –erken Evren'de ortaya çıkan ilk yapının izleri.

Evren'in bir Büyük Patlamayla başlayıp, uzayda küçük, süper yoğun ve son derece sıcak bir noktadan genişlediği düşüncesi, modern kozmolojinin temelidir ve Edwin Hubble'ın 1929'da kozmik genişlemeyi keşfiyle başladığı sıkça söylenir. Ama teorinin işaretleri, Hubble'ın atılımından birkaç yıl önce belirir ve ilk önce, bir bütün olarak Evren'e uygulandığı şekliyle Albert Einstein'ın genel görelilik teorisinin yorumlarından çıktı.

Einstein teorisini formüle ettiğinde, o zamanın elde bulunan kanıtlarından yararlanıp, Evren'in durağan –ne genişleyen ne daralan– olduğunu varsaydı. Genel

Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Edwin Hubble 236–41 ▪ Fred Hoyle 270

13,8 milyar yıl önceki Büyük Patlamadan itibaren Evren'in genişlemesi farklı evrelerden geçmiştir. Şişme olarak bilinen ilk hızlı genişleme dönemi vardı. Ondan sonra genişleme yavaşladı, sonra tekrar hızlanmaya başladı.



görelilik, Evren'in kendi kütleçekimin altında çökmesi gerektiğini göstermekteydi; bu yüzden Einstein, kozmolojik sabit olarak bilinen bir terim ekleyerek kendi denklemlerini duruma uydurdu. Einstein'ın sabiti, kütleçekimsel büzülmeyi matematiksel olarak etkisizleştirip varsayılan statik Evren'i üretmekteydi.

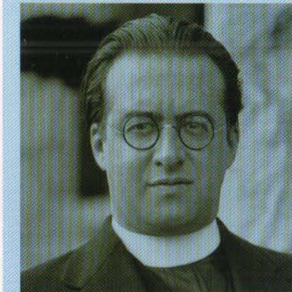
> Genişlemenin ilk evreleri, evrenin şimdiki kütlesine neredeyse eşit ilk atomun kütlesi tarafından belirlenen hızlı bir genişlemeden ibaretti.
> **Georges Lemaître**

Einstein daha sonra bu sabitin en büyük hatası olduğunu söyledi; ama sabiti önerdiği sırada bile, yetersiz bulanlar vardı. Hollandalı fizikçi Willem de Sitter ve Rus matematikçi Aleksandr Fridman, birbirlerinden bağımsız olarak genel göreliliğe Evren'in genişlediği bir çözüm önerdi ve 1927'de Belçikalı astronom ve rahip Georges Lemaitre, Hubble'ın gözlemsel kanıtından iki yıl önce aynı sonuca ulaştı.

Ateşle başlamak

1931'de British Association'a bu sunumda Lemaitre, kozmik genişleme düşüncesini mantıksal sonucuna kadar götürüp, Evren'in "ilksel atom" dediği tek bir noktadan çıktığını öne sürdü. Bu radikal düşünceye tepki, karışık oldu.

O zamanın astronomi kurumu, başlangıcı ya da sonu olmayan ebedi Evren düşüncesine bağlandı ve bariz bir başlangıç noktası ihtimali (özellikle Katolik bir rahip



Georges Lemaître

1894'te Belçika'da, Charlereoi'de doğan Lemaitre, Louvain Katolik Üniversitesinde inşaat mühendisliği okudu ve I. Dünya Savaşında askerlik yaptıktan sonra akademiye geri döndü; teolojinin yanı sıra matematik ve fizik dersleri de aldı. 1923'ten itibaren Britanya'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nde astronomi okudu. 1925'te öğretim görevlisi olarak Louvain'e dönen Lemaitre, dış galaksi bulutsuların kızıla kaymasının bir açıklaması olarak genişleyen Evren teorisini geliştirmeye başladı.

Lemaitre'nin ilk kez 1927'de az okunan bir Belçika dergisinde yayımlanan düşünceleri, Arthur Eddington ile birlikte İngilizce çevirisini yayımladıktan sonra popüler oldu. 1966'ya kadar yaşadı – kozmik mikrodalga arka plan ışımasının (CMBR) bulunmasıyla düşüncelerinin doğruluğunun kanıtlandığını görecek kadar uzun.

Önemli eserleri

1927 *A Homogeneous Universe of Constant Mass and Growing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extragalactic Nebulae*
1931 *The Evolution of the Universe: Discussion*

Genel görelilik Lemaitre'i **Evren'in genişlediğini** öngörmeye götürür.

Hubble **kozmik genişlemeyi** kanıtlar.

Lemaitre **Evren'in "ilksel bir atomla" başladığını** düşünür; daha sonra "Büyük Patlama" denilen bir teori.

Kozmik mikrodalga ardalan ışımasının (CMBR) keşfi, Büyük Patlama teorisini doğrular.

Uzayın yarıçapı sıfırdan başladı.

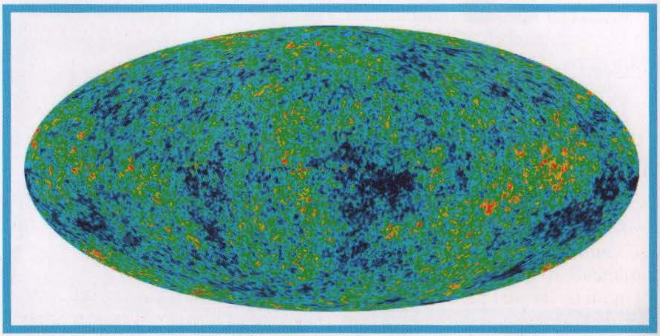
tarafından önerilince), kozmolojiye gereksiz bir dinsel öğe sokmak olarak görüldü.

Ne var ki, Hubble'ın gözlemleri inkâr edilemezdi ve genişleyen Evren'i açıklamak için bir tür modele ihtiyaç vardı. 1930'larda sayısız teori ortaya atıldı; ama 1940'lara gelindiğinde yalnızca ikisi sahnede kalmıştı -Lemaitre'in ilksel atom modeli ve onun rakibi "kararlı durum" modeli; bu modelde Evren genişlerken sürekli madde yaratılmaktaydı. Britanyalı astronom Fred Hoyle kararlı durum düşüncesinin şampiyonuydu. 1949'da Hoyle rakip teoriye küçümsemek amacıyla "Büyük Patlama" dedi. İsim tuttu.

Elementlerin oluşumu

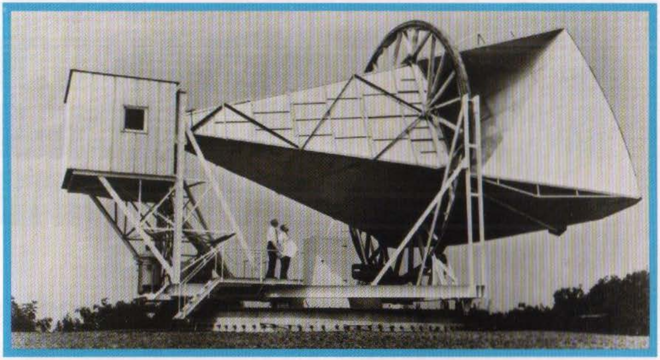
Hoyle istemeden teoriye adını verdiği sırada, Lemaître'nin hipotezini destekleyen ikna edici bir kanıt yayımlanmış, dengeyi kararlı durum Evren'in aleyhine değiştirmişti. Bu kanıt, ABD'de Johns Hopkins Üniversitesinden Ralph Alpher ve George Gamow'un 1948'de yazdığı bir makaleydi. Makalenin başlığı *The Origin of Chemical Elements*'ti [*Kimyasal Elementlerin Kökeni*] ve atom-altı parçacıkların ve hafif kimyasal elementlerin, Einstein'ın $E=mc^2$ denklemine uygun olarak Büyük Patlamanın ham enerjisinden nasıl meydana gelebildiğini ayrıntılı bir biçimde tarif etmekteydi. Ama daha sonra Büyük Patlama nükleosentezi olarak bilinen bu teori, yalnızca en hafif dört elementi -hidrojen, helyum, lityum ve berilyum- oluşturabilen bir süreci açıklamaktaydı. Evren'in daha ağır elementlerinin yıldız nükleozentezinin (yıldızların içinde gerçekleşen bir süreç) ürünü oldukları daha sonra keşfedildi. İşin tuhafı, yıldız nükleosentezinin nasıl çalıştığını gösteren kanıtları Fred Hoyle geliştirecekti.

Yine de, Büyük Patlama ya da kararlı durum Evren'in doğruluğunu belirleyecek doğrudan gözlemsel kanıtlar henüz yoktu. Teorileri test etmeye yönelik ilk girişimler, 1950'lerde Cambridge İnterferometresi olarak bilinen bir radyo teleskopu kullanılarak gerçekleştirildi. Bu testler basit bir ilkeye dayanmaktaydı: Kararlı durum teorisi doğruysa, Evren hem zaman hem uzay bakımından esas olarak bir örnek olmalıdır; ama Büyük Patlama teorisinin öne



Kozmik mikrodalga arka plan ışımasında küçük varyasyonlar bulundu – bu görseldeki farklı renkler, bir Kelvin'in 400 milyonda birinden daha az sıcaklık farklılıklarını gösterir.

Arno Penzias ve Robert Wilson arka plan ışımasını tesadüfen saptadılar. Başlangıçta, radyo antenlerine düşen kuşların girişime neden olduğunu sandılar.



sürdüğü gibi, 10-20 milyar yıl önce doğup tarihi boyunca evrildiyse, ışınımının Yer'e ulaşması milyarlarca yıl alan Evren'in uzak köşeleri önemli ölçüde farklı görünmelidir. (Bu kozmik zaman makinesi etkisiyle daha uzak göksel nesneleri uzak geçmişte oldukları gibi görürüz "geçmişe dönük zaman" olarak bilinir.) Belli bir parlaklığın üzerinde ışınım yayan uzak galaksilerin sayısı ölçülerek, iki senaryoyu ayırt etmek olanaklı olur.

Cambridge deneylerinin ilki, Büyük Patlamayı destekler gibi görünen bir sonuç verdi. Ne var ki, radyo detektörlerinde sorunlar keşfedildi; bu yüzden sonuçlar göz ardı edildi. Sonraki sonuçlar daha fazla ikircikli oldu.

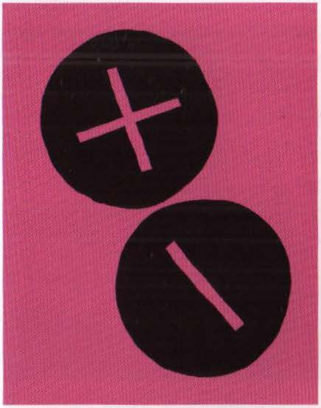
Büyük Patlamanın izleri

Neyse ki, sorun kısa sürede başka yollarla çözüldü. Daha 1948'de Alpher ve meslektaşı Robert Herman, Büyük Patlamanın bütün Evren'de kalıntı halinde bir ısı etkisi bırakacağını öngörmüştü. Teoriye göre Evren yaklaşık 380.000 yaşına geldiğinde saydam olacak kadar soğumuş ve ışık fotonlarının ilk kez uzayda serbest yol almasına olanak vermişti. O sırada var olan fotonlar o zamandan beri uzayda yayılmakta, uzay genişledikçe daha uzun ve daha kızıl olmaktaydı. 1964'te Princeton Üniversitesinde Robert Dicke ve meslektaşları, düşük enerjili radyo dalgaları biçimini alacağını düşündükleri bu güçsüz sinyali saptayabilecek bir radyo teleskopu yapmaya koyuldular. Ne var ki, yakındaki Bell Telefon Laboratuvarı'nda çalışan iki mühendis, Arno Penzias ve Robert Wilson, onlardan önce davrandı. Penzias ve Wilson uydu iletişimi için bir radyo teleskopu yapmıştı; ama gideremedikleri bir arka plan sinyali başlarına bela olmuştu. Gökten gelen sinyal, sıcaklığı 3,5 K –mutlak sıfırdan 3,5°C yüksek– olan bir cisimden yayılan bir mikrodalgaya denkti. Bell Laboratuvarları yardım almak için Dicke'le ilişkiye geçince, Dicke Büyük Patlamanın kalıntılarını – şimdi kozmik mikrodalga ardalan ışıması (CMBR) olarak bilinen– bulduklarını anladı.

CMBR'nin Evren'e yayıldığının –kararlı durum teorisinin açıklayamadığı bir olgu– keşfedilmesi, davayı Büyük Patlama lehine sonuçlandırdı. Sonraki ölçümler, CMBR'nin gerçek ortalama sıcaklığının yaklaşık 2,73 K olduğunu gösterdi ve yüksek kesinlikli uydu ölçümleri, Büyük Patlamadan 380.000 yıl sonra Evren'deki koşulları incelememize olanak veren ayrıntılı sinyal varyasyonlarını ortaya çıkardı.

Sonraki gelişmeler

İlke olarak doğruluğu kanıtlanmasına rağmen, Büyük Patlama teorisi 1960'lardan itibaren birçok dönüşüme uğrayıp, Evren'e ilişkin artan bilgimize uygun duruma geldi. En önemlisi, kara madde ile kara enerjinin öyküye sokulması ve yaratılıştan sonraki ana Şişme olarak bilinen şiddetli bir büyüme hamlesinin eklenmesidir. Büyük Patlamayı tetikleyen olaylar menzilimizin dışında kalıyor; ama Hubble Uzay Teleskopu gibi aletlerin yardımıyla kozmik genişlemeye ilişkin ölçümler, kozmik yaratılış çağını büyük bir doğrulukla belirlememize izin veriyor –Evren, 0,037 milyar yıl eksik ya da fazla 13, 798 milyar yıl önce var oldu. Evren'in geleceğine ilişkin çeşitli teoriler vardır; ama birçoğu, yaklaşık 10^{100} yıllık bir zaman içinde maddenin dağılıp soğuk atom-altı parçacıklara dönüştüğü "ısı ölümü"ne ya da bir termodinamik denge durumuna ulaşıncaya kadar genişlemeye devam edeceğini düşünür. ■



HER MADDE PARÇACIĞININ BİR KARŞI-MADDE EŞİ VARDIR

PAUL DIRAC (1902–1984)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1925 Werner Heisenberg, Max Born ve Pascual Jordan parçacıkların dalga-benzeri davranışını açıklamak için matris mekaniğini geliştirir.

1926 Erwin Schrödinger, bir elektronun zaman içindeki değişimini tarif eden bir dalga denklemi geliştirir.

SONRA
1932 Elektronun karşıt parçacığı pozitronun varlığı, Carl Anderson tarafından doğrulanır.

1940'lar Richard Feynman, Sin-Itiro Tomogana ve Julian Schwinger kuantum elektrodinamiğini –ışık ile madde arasındaki etkileşimi açıklayan ve kuantum teorisini özel görelilikle tam olarak birleştiren matematiksel bir yol– geliştirir.

Dirac, Schrödinger'in **dalga denklemini** düzeltip, **görelilik etkilerini** de hesaba katar.

↓

Dirac'ın **yeni denklemi, karşı maddenin** varlığını öngörür.

↓

Karşı-madde sonradan **keşfedilir,** Dirac'ın öngörüsü doğrulanır.

↓

Maddenin her parçacığının bir karşı-madde eşi vardır.

İngiliz fizikçi Paul Dirac, 1920'lerde kuantum fiziğinin teorik çerçevesine epeyce katkıda bulundu; ama bugün en iyi, matematik aracığıyla karşı parçacıkların varlığını öngörmesiyle tanınır.

Dirac, Werner Heisenberg'in parçacıkların bir kuantum durumundan diğerine nasıl atladıklarını tarif eden matris mekaniği üzerine çığır açıcı tebliğini okuduğunda, Cambridge Üniversitesinde doktora öğrencisiydi. Dirac, tebliğin zor matematiğini kavrayabilen birkaç kişiden biriydi ve Heisenberg'in denklemleri ile Hamilton mekaniği olarak bilinen klasik (kuantum öncesi) parçacık devinimi teorisinin bazı bölümleri arısındaki paralellikleri fark etti. Bu durum Dirac'ın, klasik sistemlerin kuantum düzeyinde anlaşılmasını sağlayan bir yöntem geliştirmesine olanak verdi.

Bu çalışmanın ilk sonucu, kuantum spini düşüncesinin bir türeviydi. Dirac, şimdi "Fermi-Dirac istatistiği" olarak bilinen (Dirac'tan bağımsız Enrico Fermi tarafından da bulunduğu için) bir kurallar kümesi formüle etti. Dirac, elektron gibi buçuklu bir spin değeri olan parçacıklara, Fermi'nin adından hareketle "fermion" adını verdi. Bu

Ayrıca bkz. James Clerk Maxwell 180–85 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Richard Feynman 272–73

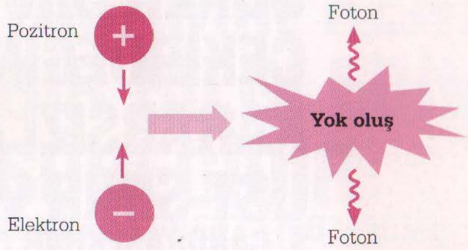
kurallar, çok sayıda fermionun birbirleriyle nasıl etkileşime girdiklerini tarif eder. 1926'da Dirac'nın doktora tezi danışmanı Ralph Fowler onun istatistiğini kullanıp, çökmekte olan bir yıldız çekirdeğinin davranışını hesapladı ve süper yoğun beyaz cüce yıldızların kökenini açıkladı.

Kuantum alan teorisi

Fizik ders kitaplarının çoğu kuvvetlerin etkisi altındaki cisimlerin ve bireysel parçacıkların özeliklerine ve dinamiğine odaklanırken, alan teorileri geliştirilerek daha derin bir anlayışa ulaşılabilir. Bu teoriler, kuvvetlerin kendi etkilerini uzayda hissettirme yollarını tarif eder. Bağımsız kendilikler olarak alanların önemi ilk kez 19. yüzyılın ortasında James Clerk Maxwell tarafından, kendi elektromanyetik radyasyon teorisini geliştirirken fark edildi. Einstein'ın genel göreliliği de, alan teorisinin başka bir örneğidir.

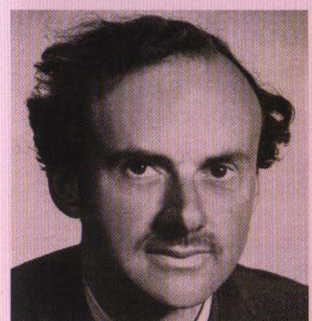
Dirac'ın kuantum dünyasına ilişkin yeni yorumu, bir kuantum alan teorisidir. 1928'de, Schrödinger'in elektron için dalga denkleminin göreli bir versiyonunu (yani, ışık hızına yakın hareket eden parçacıkların etkilerini hesaba katabilen ve kuantum dünyasını, Schrödinger'in göreli olmayan denkleminden daha doğru modelleyebilen bir versiyon) üretmesine olanak verdi. "Dirac denklemi" maddenin parçacıklarıyla özdeş özelliklere sahip, ama karşıt elektrik yüklü parçacıkların varlığını da öngörmekteydi. Bunlara "karşı-madde" denildi (geç 19. yüzyıldan beri ağızdan ağza dolaşan bir terim).

Karşı elektron parçacığı ya da pozitron, ABD'li fizikçi Carl Anderson tarafından 1932'de deneysel olarak doğrulandı, ilk kez kozmik ışınlarda (derin uzaydan Yer'in atmosferine yağan yüksek enerjili parçacıklar) ve daha sonra belli radyoaktif bozunma tiplerinde saptandı. O zamandan beri karşı-madde yoğum fizik araştırmalarının konusu ve bilimkurgu yazarlarının sevgilisi (özellikle normal maddeyle temas edince bir enerji patlamasıyla "yok etme" alışkanlığından ötürü) olmuştur. Ama en önemlisi, Dirac'ın kuantum alan teorisi, bir sonraki fizikçiler kuşağının geliştirdiği kuantum elektrodinamiği teorisinin temellerini attı. ▪



Bir parçacık ile karşı parçacığı bir araya gelince, yok olurlar. Kütleleri, $E=mc^2$ denklemine uygun olarak elektromanyetik enerji fotonlarına dönüşür.

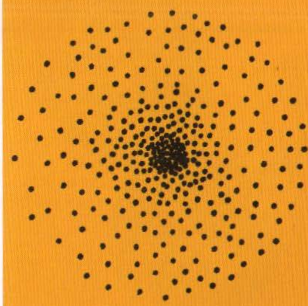
Paul Dirac



Paul Dirac kuantum fiziğine önemli katkılarda bulunan, 1933 Nobel Fizik Ödülünü Erwin Schrödinger'le paylaşan bir matematik dehasıydı. İngiltere'de Bristol'da İsviçreli bir baba ile İngiliz bir annenin çocuğu olarak doğan Dirac, doğduğu kentin üniversitesinde elektrik mühendisliği ve matematik diploması aldı; sonra Cambridge Üniversitesinde devam etti ve orada genel görelilik ve kuantum teorisine kendini kaptırdı. 1920'lerin ortasında çığır açıcı ilerlemelerinden sonra çalışmalarını Göttingen ve Kopenhag üniversitelerinde sürdürdü; ardından tekrar Cambridge'e dönüp, Lucas Matematik Kürsüsünde görev aldı. Sonraki meslek yaşamında çoğunlukla kuantum elektrodinamiğine odaklandı. Kuantum teorisini genel görelilikle birleştirme düşüncesinin peşine de düştü; ama bu çaba sınırlı bir başarıyla karşılaştı.

Önemli eserleri

1930 *Principles of Quantum Mechanics*
1966 *Lectures on Quantum Field Theory*



ÇÖKEN BİR YILDIZ ÇEKİRDEĞİNİN KARARSIZLAŞTIĞI BİR ÜST SINIR VARDIR

S. CANDRASEKHAR (1910–1995)

KISACA

BİLİM DALI
Astrofizik

ÖNCE
19. yüzyıl Astronomlar küçük boyunun gösterdiğinden çok daha büyük bir kütleye sahip olan bir yıldız saptayınca, beyaz cüce yıldızlar keşfedilir.

SONRA
1934 Fritz Zwicky ve Walter Baade süpernova olarak bilinen patlamaların kütleli yıldızların ölümüne işaret ettiğini ve çöken çekirdeklerinin nötron yıldızlarını oluşturduğunu öne sürer.

1967 Britanyalı astronomlar Jocelyn Bell ve Anthony Hewish, şimdi "pulsar" olarak bilinen bir nesneden –hızlı dönen bir nötron yıldızı– hızlı darbeli radyo dalgaları saptar.

1971 Cygnus X-1 olarak bilinen bir kaynaktan gelen X-ışını emisyonlarının, olasılıkla bir kara delik olan şeye sarmal yaparak giren sıcak bir malzemeden kaynaklandığı görülür.

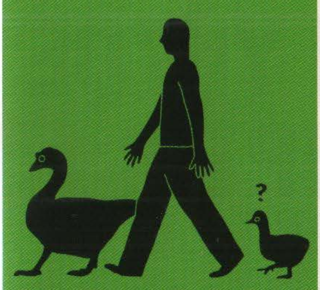
1920'lerde gelişen kuantum fiziğinin astronomi için içerimleri vardı; beyaz cüce olarak bilinen süper yoğun yıldızların anlaşılması için ona başvuruldu. Beyaz cüceler, nükleer yakıtları tükenen ve kendi kütleçekimleri altında çöküp Yer büyüklüğünde nesnelere dönüşen güneş-benzeri yıldızların sönmüş çekirdekleridir. 1926'da fizikçiler Ralph Fowler ve Paul Dirac, elektronlar Pauli dışlama ilkesi –iki parçacığın aynı kuantum durumunda bulunamaması– devreye girecek kadar sıkışık bir biçimde bir araya gelince ortaya çıkan "yoz elektron basıncı" nedeniyle, Yer büyüklüğüne ulaşınca çöküşün durduğunu açıkladılar.

Bir kara deliğin oluşumu

1930'da Hindistanlı astrofizikçi Subrahmanyan Chandrasekhar, bir yıldız çekirdeğinin kütlesinin bir üst sınırı olduğunu, o sınırın ötesinde kütleçekimin yoz elektron basıncının üstesinden geleceğini ortaya çıkardı. Yıldız çekirdeği çöküp uzayda, teklik olarak bilinen tek bir noktaya dönüşürdü. Çöken bir yıldız çekirdeğinin bu "Chandrasekhar Sınırı"nın 1,44 güneş kütlesi (yani güneşin kütlesinin 1,44 katı) olduğu biliniyor. Ne var ki, beyaz cüce ile kara delik arasında bir ara evre vardır –"nötron yozlaşma basıncı" denilen başka bir kuantum etkisinin kararlılaştırdığı kent büyüklüğünde bir nötron yıldızı. Kara delikler, nötron yıldızının çekirdeği 1,5 ile 3 Güneş kütlesi arasında bir üst sınırı aşınca meydana gelir. ■

> Doğanın kara delikleri, Evren'deki en kusursuz makroskobik nesnelerdir.
> **Subrahmanyan Chandrasekhar**

Ayrıca bkz. John Michell 88–89 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Fritz Zwicky 250–51 ▪ Stephen Hawking 314



YAŞAMIN KENDİSİ BİR BİLGİ EDİNME SÜRECİDİR

KONRAD LORENZ (1903–1989)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1872 Charles Darwin, *The Expression of the Emotions in Man and Animals*'ta kalıtsal davranışı tarif eder.

1873 Douglas Spalding kuşlarda doğuştan (genetik) ve öğrenilmiş davranış arasında bir ayrım yapar.

1890'lar fizyolog İvan Pavlov, köpeklerin basit bir öğrenme biçimiyle salya akıtmaya koşullandırılabildiğini gösterir.

SONRA
1976 Britanyalı zoolog Richard Dawkins, davranışta genlerin rolünü vurgulayan *Gen Bencildir*'i yayımlar.

2000'ler Yeni araştırmalar, böceklerden katil balinalara kadar birçok hayvan türünde öğretmenin önemine ilişkin artan kanıtlar açığa çıkarır.

19. yüzyılda kuşları inceleyen İngiliz biyolog Douglas Spalding, hayvan davranışı üzerine bilimsel deneyler yapan ilk kişiler arasındaydı. Egemen görüş, kuşlardaki karmaşık davranışın öğrenilmiş olduğu yönündeydi; ama Spalding bazı davranışların doğuştan olduğunu düşündü: Bu davranışlar kalıtsaldı ve esas olarak "istemsiz"di – bir tavuğun yumurtalarının üzerinde kuluçkaya yatma eğilimi gibi.

Modern etoloji –hayvan davranışının incelenmesi– davranışın hem öğrenilmiş hem doğuştan bileşenler içerdiğini kabul eder: Doğuştan davranış basmakalıptır ve kalıtsal olduğu için, doğal seçilimle evrilebilir; öğrenilmiş davranış ise, deneyimle değişebilir.

Kazları etkilemek

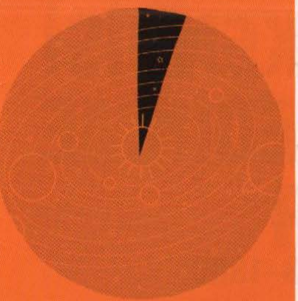
1930'larda Avusturyalı biyolog Konrad Lorenz, kuşlarda "etkilenim" dediği öğrenilmiş bir davranış biçimine odaklandı. Boz kazların, yumurtadan çıktıktan sonra kritik bir zaman aralığında gördükleri ilk uygun hareketli uyarandan –genellikle anneleri– etkilenmelerini ya da onu izlemelerini araştırdı. Annenin örneği, yavrularında "sabit eylem örüntüsü" olarak bilinen içgüdüsel bir davranışı tetikler.



Bu turnalar ve kazlar Christian Moullec tarafından yumurtadan çıkarıldı ve beslendi, ondan etkilendi ve onun peşinden giderler. Hafif hava aracıyla havaya kaldırıp, onlara göç yollarını öğretir.

Lorenz, kendisini anne kabul eden ve gittiği her yerde peşinden giden kaz yavrularında bunu kanıtladı. Yavrular cansız nesnelerden bile etkilenecek ve oyuncak bir trenin peşine düşeceklerdi. Hollandalı biyolog Nikolaas Tinbergen ile birlikte Lorenz, 1973'te Nobel Fizyoloji Ödülünü aldı. ■

Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25



EVRENİN YÜZDE 95'İ KAYIPTIR

FRITZ ZWICKY (1898–1974)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik ve evrenbilim

ÖNCE
1923 Edwin Hubble, Samanyolu'nun milyonlarca ışık yılı ötesinde bağımsız yıldız sistemleri olarak galaksilerin gerçek doğasını doğrular.

1929 Hubble, Evren'in genişlemekte olduğunu ve galaksilerin bize ne kadar uzaklarsa o kadar hızlı bizden uzaklaştıklarını saptar.

SONRA
1950'ler Amerikalı astronom George Abell, galaksi kümelerinin ilk ayrıntılı katalogunu hazırlar. Galaksi kümelerine ilişkin sonraki araştırmalar, kara maddenin varlığını defalarca doğruladı.

1950'ler–günümüz Çeşitli Büyük Patlama modelleri, şu anda görünür olandan çok daha fazla madde üretmiş olması gerektiğini öngörür.

Evrene saptanabilir ışıklı madde dışında bir şeyin egemen olabileceği düşüncesi, ilk kez İsviçreli astronom Fritz Zwicky tarafından önerildi. 1922-23'te Edwin Hubble "bulutsuların" aslında uzak galaksiler olduğunu anlamıştı.

On yıl sonra Zwicky, Coma galaksi kümesinin genel kütlesini ölçmeye koyuldu. Halkalanma teoremi denilen matematiksel bir model kullandı; bu yöntem, bireysel küme galaksilerin göreli yörünge hızlarından genel kütleyi hesaplamasına olanak veriyordu. Vardığı

Evren giderek artan bir hızda **genişliyor.**

Genişlemeye bütün enerjinin **yüzde 68,3'ünü** oluşturan **kara enerji** neden olur.

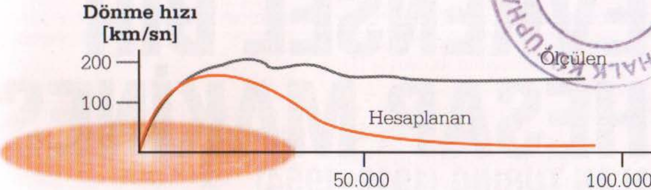
Galaksilerin dış bölgeleri, görünür kütlelerinin gerektirdiğinden **daha hızlı döner.**

Bu yüzden dönüşlerini açıklayacak **ek, gizli kütleleri** olmalıdır.

Bu ek kütle **kara madde** olarak bilinir ve toplam enerjinin **yüzde 26,8'ini** oluşturur

Evren'in enerjisinin yalnızca **yüzde 4,9'u görünür maddeden** sorumludur.

Ayrıca bkz. Edwin Hubble 236–41 ▪ Georges Lemaître 242–45



Galaksimizin kütle dağılımı görünür maddesine denk olsaydı, gâlaksinin dış diskindeki yıldızlar kütle merkezinden daha büyük uzaklıklarda daha yavaş hareket ederdi. Vera Rubin'in araştırmaları, belli bir uzaklığın ötesinde yıldızların, merkezden uzaklıkları ne olursa olsun tek tip bir hızla hareket etme eğiliminde olduklarını bulgulayıp, galaksinin dış çemberindeki kara maddeyi açığa çıkardı.

sonuçlar, kümenin, yıldızlarının birleşik ışığının gösterdiğinden 400 kat daha fazla kütle barındırdığını gösterdi. Zwicky bu sarsıcı görünmeyen madde miktarına "kara madde" dedi.

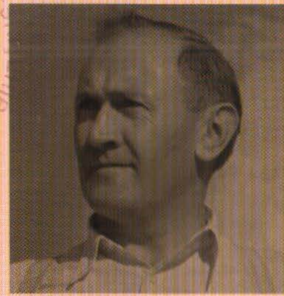
Zwicky'nin vardığı sonuç o sırada önemsenmedi; ama 1950'lere gelindiğinde yeni teknoloji, ışıklı olmayan maddeyi saptamanın yeni yollarını açmıştı. Büyük miktarda maddenin görünür ışık halinde parıldayamayacak kadar soğuk olduğu, ama kızıl ötesi ve radyo dalga boylarında ışıdığı açıktı. Bilim insanları galaksimizin ve diğer galaksilerin görünür ve görünmez yapısını anlamaya başladıkça, "kayıp kütle" miktarı önemli ölçüde azaldı.

Görünmez olan gerçektir

Kara maddenin gerçekliği 1970'lerde, ABD'li astronom Vera Rubin, Samanyolu'nda dönen yıldızların yörünge hızlarının haritasını çıkardıktan ve kütle dağılımını ölçtükten sonra kabul edildi. Çok büyük miktarda kütlenin galaksinin görünür sınırlarının ötesinde, galaksi aylası olarak bilinen bir bölgede dağıldığını gösterdi.

Bugün kara maddenin, Evren'deki kütlenin yaklaşık yüzde 84,5'ini oluşturduğu yaygın bir biçimde kabul edilir. Kara maddenin, kara delikler ya da serseri gezegenler gibi saptanması zor biçimde normal madde olabileceğine dair umutlar, araştırmalarla doğrulanmadı. Şimdi kara maddenin, Zayıf Etkileşimli Büyük Kütleli Parçacıklardan (WIMP) oluştuğu düşünülür. Bu farazi atom-altı parçacıkların özellikleri hâlâ bilinmiyor – yalnızca karanlık ve saydam olmakla kalmaz, kütleçekim dışında normal maddeyle ya da ışınımla etkileşmezler de.

1990'ların sonundan itibaren, "kara enerji"nin yanında kara maddenin bile cüce kaldığı anlaşıldı. Bu görüngü Evrenin genişlemesini (s. 236-41) hızlandıran kuvvettir ve doğası hâlâ bilinmiyor –bizzat uzay-zamanın ayrılmaz bir özelliği ya da "öz" olarak bilinen beşinci temel kuvvet olabilir. Kara enerjinin Evrendeki bütün enerjinin yüzde 68,3'ünü oluşturduğu; kara maddenin enerjisinin yüzde 26,8, normal maddenin yalnızca yüzde 4,9 olduğu düşünülür. ▪



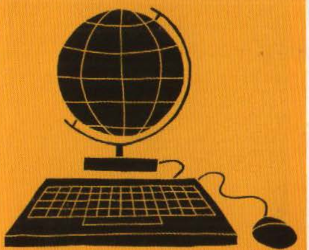
Fritz Zwicky

1898'de Bulgaristan'da Varna'da doğan Fritz Zwicky İsviçreli büyükbabası ve büyükannesi tarafından büyütüldü ve fiziğe yeteneği erkenden belli oldu. 1925'te ABD'ye California Teknoloji Enstitüsünde çalışmaya gitti ve meslek yaşamının geri kalan kısmını orada geçirdi.

Zwicky kara maddeyle ilgili çalışmaları dışında, patlayan büyük kütleli yıldızları araştırmasıyla da tanınır. Walter Baade ile birlikte, büyüklük bakımından beyaz cüceler ile kara delikler arasında nötron yıldızlarının varlığını gösteren ilk kişiydi ve bu büyük kütleli yıldız kalıntılarının doğduğu büyük yıldız patlamaları için "süpernova" terimini icat etti. Bir grup süpernovanın patlama sırasında aynı doruk parlaklığa ulaştığını göstererek, Hubble Yasasından bağımsız olarak çok uzak galaksilerin uzaklığını ölçmenin bir yolunu gösterdiler ve daha sonra kara enerjinin keşfine zemin hazırladılar.

Önemli eserleri

1934 *On Supernovae (with Walter Baade)*
1957 *Morphological Astronomy*



EVRENSEL BİR HESAP MAKİNESİ

ALAN TURING (1912–1954)

KISACA

BİLİM DALI
Bilgisayar bilimi

ÖNCE
1906 ABD'li elektrik mühendisi Lee De Forest ilk elektronik bilgisayarların ana direği olan triyot valfi icat eder.

1928 Alman matematikçi David Hilbert, algoritmaların her türlü girdiyi halledip edemeyeceğini sorarak "karar problemi"ni formüle eder.

SONRA
1943 Turing'in kod-kırma düşüncelerinden bazılarını kullanan valf-tabanlı Colossus bilgisayarlar Bletchley Park'ta çalışmaya başlar.

1945 Matematikçi John von Neumann, depolanmış-programlı modern bilgisayarın temel mantıksal yapısını ya da mimarisini tarif eder.

1946 Kısmen Turing'in kavramlarına dayanan ilk genel amaçlı elektronik programlanabilir bilgisayar ENIAC'ın açılışı yapılır.



Rastgele 1000 sayıyı, örneğin 520, 74, 2395, 4, 999... küçükten büyüğü doğru sıraya sokmayı düşünün. Bir tür otomatik işlem yardımcı olabilir. Örneğin: **A** İlk iki sayıyı karşılaştır. **B** İkinci sayı küçükse, sayıları değiştir, A'ya geri git. Aynıysa ya da büyükse, C'ye git. **C** Son çiftin ikinci sayısını yeni bir çiftin birinci sayısı yap. Sonrasında sayı varsa, onu çiftin ikinci sayısı yap, B'ye git. Sonrasında sayı yoksa, **bitir.** Bu komut kümesi, algoritma olarak bilinen bir dizidir. Bir başlangıç koşulu ya da durumuyla başlar, veri ya da girdi alır, sonlu sayıda kez kendi kendini çalıştırır ve bitmiş bir sonuç ya da çıktı verir. Bugün her bilgisayar programcısı bu düşünceye aşinadır. İlk kez 1936'da, Britanyalı matematikçi ve mantıkçı Alan Turing bu tür işlemleri gerçekleştirmek için şimdi Turing makineleri olarak bilinen makineleri tasarlayınca şekillendi. Çalışması başlangıçta teorikti –bir mantık alıştırması. Bir sayı işini en

Ayrıca bkz. Donald Michie 286–91 ▪ Yuri Manin 317

basit, en temel, otomatik biçimine indirgemekle ilgilendi.

A-makine

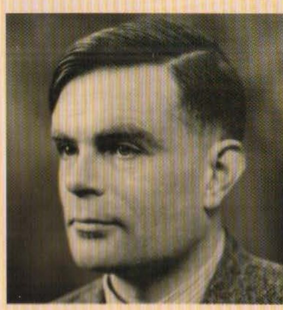
Durumu zihinde canlandırmaya yardım etmek için Turing farazi bir makine tasavvur etti. "A-makine" ("a", automatic [otomatik] sözcüğünün kısaltılmışı) karelere bölünmüş, her karede bir sayı, harf ya da simge bulunan uzun bir kâğıt bant ile bir okuyucu/yazıcı kafaydı. Bir kurallar tablosu biçiminde komutlarla, manyetik kafa gördüğü karenin simgesini okur ve kurallar uyarınca silerek ve başka bir simge yazarak değiştirir ya da kendi haline bırakır. Sonra sağdaki ya da soldaki bir kareye geçer ve işlemi tekrarlar. Her seferinde makinenin farklı bir genel konfigürasyonu ve yeni bir simge dizilimi vardır.

Bütün süreç yukarıdaki sayı sıralama algoritmasıyla karşılaştırılabilir. Bu algoritma, belirli bir iş için kurulur. Benzer şekilde Turing, her birine belli bir iş için komutlar ya da kurallar verilmiş bir dizi makine tasarladı. "Yalnızca kuralları çıkarılabilir ve başka kurallarla değiştirilebilir olduklarını düşünmemiz gerekir ve evrensel bir hesap makinesine çok yakın bir şeyimiz olur" diyordu. Şimdi Evrensel Turing Makinesi (UTM) olarak bilinen bu aygıtın, hem komutları hem verileri içeren sonsuz bir deposu (bellek) vardı. Bu nedenle UTM, her Turing makinesini taklit edebilirdi. Turing'in kuralları değiştirmek dediği şeye, şimdi programlama deniliyor. Bu şekilde ilk kez Turing, programlanabilir, birçok göreve uyarlanabilir, girdi alan, bilgi işleyen ve çıktı veren bilgisayar kavramını tanıttı. ■

> Bir bilgisayar, bir insanı kandırıp kendisinin bir insan olduğuna inandırabilirse, zeki denilmeyi hak eder.
> **Alan Turing**



Bir Turing makinesi, matematiksel bir bilgisayar modelidir. Sonsuz uzunlukta manyetik bandın üzerinde bir sayıyı okur, üzerine yeni bir sayı yazar, eylem tablosundaki kurallara göre sola ya da sağa hareket eder. Durum yazmacı değişikliklerin kaydını tutar ve bu girdiyi tekrar eylem tablosuna sürer.



Alan Turing

1912'de Londra'da doğan Alan Turing, okulda olağanüstü bir matematik yeteneği gösterdi. 1934'te Kings College'de birinci sınıf matematik diploması aldı ve olasılık teorisi üzerinde çalıştı. 1936'dan 1938'e kadar Princeton Üniversitesinde okudu ve orada, genelleştirilmiş bir hesap makinesiyle ilgili teorisini önerdi.

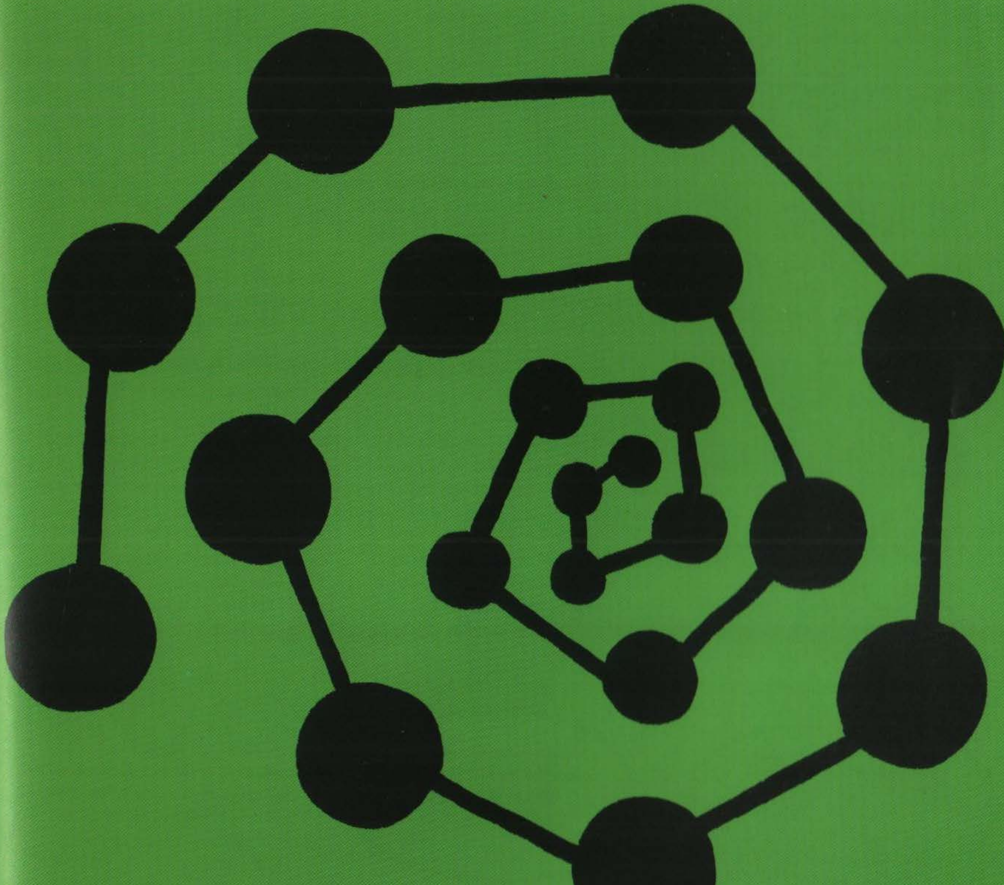
II. Dünya Savaşı sırasında Turing, Enigma makinesinin ürettiği Alman kodlarını kırmak için "Bombe" olarak bilinen bir bilgisayar tasarladı ve yapımına yardım etti. Turing kuantum teorisiyle, biyolojide şekil ve örüntülerle de ilgilendi. 1945'te Londra'daki Ulusal Fizik Laboratuvarına geçti; sonra Manchester Üniversitesine taşınıp bilgisayar projelerinde çalıştı. 1952'de homoseksüel hareketlerden (o zaman yasadışıydı) ötürü yargılandı ve iki yıl sonra siyanür zehirlenmesinden öldü –bunun bir kazadan çok bir intihar olması olası görünüyor. 2013'te Turing'den ölüm sonrası özür dilendi.

Önemli eserleri

1939 *Report on the Applications of Probability to Cryptopgraphy*

KİMYASAL BAĞIN DOĞASI

LINUS PAULING (1901–1994)



KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1800 Alessandro Volta metalleri azalan elektropozitiflik sırasına göre listeler.

1852 Britanyalı kimyacı Edward Frankland atomların belirli birleşme gücüne sahip olduklarını ve bileşiklerin formülünü bu gücün belirlediğini söyler.

1858 August Kekulé karbonun dört valansının olduğunu –diğer atomlarla dört bağ oluşturduğunu– gösterir.

1916 Amerikalı fiziksel kimyacı Gilbert Lewis bir kovalent bağın bir molekülde iki atomun paylaştığı bir elektron çifti olduğunu gösterir.

SONRA
1938 Britanyalı matematikçi Charles Coulson, hidrojenin doğru bir moleküler orbital dalga fonksiyonunu hesaplar.

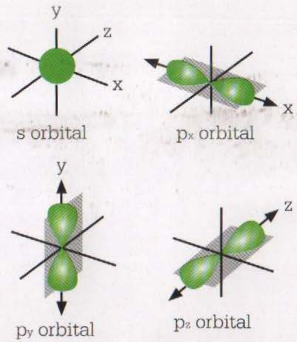
1920'lerin sonunda ve 1930'ların başında Amerikalı kimyacı Linus Pauling çığır açan bir dizi makaleyle, kimyasal bağların kuantum-mekaniksel bir açıklamasını ortaya çıkardı. Pauling Münih'te Arnold Sommerfeld'den, Kopenhag'da Niels Bohr'dan ve Zürih'te Erwin Schrödinger'den kuantum mekaniği dersleri almaştı. Moleküllerdeki bağlanmayı araştırmak istediğine baştan karar vermişti ve kuantum mekaniğinin bunu yapması için kendisine doğru aletler sunduğunu anladı.

Orbitallerin melezlenmesi

Pauling ABD'ye dönünce yaklaşık 59 makale yayımladı ve 1929'da karmaşık kristallerin X-ışını kırınımını yorumlamanın beş kuralını – şimdi Pauling kuralları olarak biliniyor– ortaya koydu. Aynı zamanda kovalent moleküllerde (atomların iki elektronu birbiriyle paylaşarak birbirine bağlandığı moleküller), özellikle organik bileşiklerin –karbon bazlı– moleküllerinde atomların birbirine bağlanmasına dikkatini yöneltmekteydi.

Bir karbon atomunun toplam altı elektronu vardır. Kuantum

Elektron yörüngeleri



Elektronlar bir atom çekirdeğinin etrafında çeşitli şekillerde döner –merkez(ler)in etrafındaki kabuklarda ya da bir eksen boyunca loblarda.

mekaniğinin Avrupalı öncüleri ilk ikisini "1s-elektronlar" olarak tanımladı: Bunların karbon çekirdeğinin etrafında küresel bir yörüngesi ya da kabuğu vardır – merkezinde bir golf topunun etrafında şişen bir balon gibi. 1s kabuğun dışında iki adet "2s-elektron" barındıran bir kabuk daha vardır. 2s kabuğu birincinin dışında daha büyük başka bir balon gibidir. Son olarak çekirdeğin her iki yanında çıkıntı yapan büyük loblara sahip "p-orbitaller" vardır. P_x orbitali x-ekseninde, p_y orbital y-ekseninde ve pz orbitali z-ekseninde bulunur. Karbon atomunun son iki elektronu bu orbitallerden ikisini işgal eder – olasılıkla biri p_x'te, biri p_y'de.

Yeni kuantum mekaniğinin elektron tasviri, elektron yörüngelerini olasılık yoğunluklu "bulutlar" olarak ele almaktaydı. Elektronları yörüngelerinde dönen noktalar gibi düşünmek artık doğru değildi; varlıkları yörüngelere bulaşıktı. Yerleşik-olmayan bu yeni gerçeklik resmi, kimyasal bağlanmayla ilgili yeni radikal

Kuantum mekaniği elektronların davranışını tarif etmenin yeni bir yolunu sunar.

→ **Moleküllerin** yapısını açıklamak için **değiştirilebilir.**

→ **Kimyasal bağların doğası, elektronların kuantum-mekaniksel davranışını yansıtır.**

Ayrıca bkz. August Kekulé 160–65 ▪ Max Planck 202–05 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Harry Kroto 320–21

düşüncelere olanak verdi. Bağlar ya orbitallerin kafa kafaya örtüştüğü güçlü "sigma" bağları ya da orbitallerin birbirine paralel olduğu daha zayıf, daha dağınık "pi" bağları olabilirdi.

Pauling çıplak bir atoma karşıt olarak bir molekülde, karbon atomu orbitallerinin birleşip ya da "melezlenip" diğer atomlara daha güçlü bağlar verebildiği düşüncesiyle ortaya çıktı. S ve p orbitallerinin melezlenip dört sp^3 melez orbital oluşturabildiğini gösterdi; bunların hepsi eşdeğerdi ve çekirdekten, 109,5°'lik bağlar arası açıyla bir dörtyüzlünün köşelerine doğru çıkıntı yapıyordu. Her bir sp^3 orbitali başka bir atomla bir sigma bağı kurabilir. Bu durum, metandaki (CH_4) bütün hidrojen atomlarının ve karbon tetra klorürdeki (CCl_4) bütün klor atomlarının aynı şekilde davranması gerçeğine uygundur.

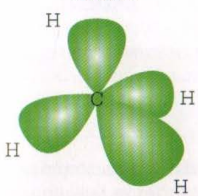
> 1935'te kimyasal bağın doğasını temelde eksiksiz anladığımı hissettim.
> **Linus Pauling**

Çeşitli karbon bileşiklerinin yapısı incelenince, dört yüzlü bir düzenlemede, en yakın dört komşu atoma sıkça rastlandı. Elmasın kristal yapısı, 1914'te X-ışını kristalografisiyle çözülen ilk yapılar arasındaydı. Elmas saf karbondur ve kristalde her karbon atomu bir dört yüzlünün köşelerinde sigma bağlarıyla dört atoma bağlanır. Elmasın sertliğinin nedeni bu yapıdır.

Karbon atomlarının diğer atomlara bağlanmasının başka bir olası yolu da, bir s-orbitalin iki p-orbitaliyle birbirine karışıp üç sp^2 melez oluşturmaktır. Bunlar bir düzlemde 120°'lik açılarla çekirdekten çıkıntı yapar. Bu durum, çift bağlı $H_2C{=}CH_2$ yapısı olan etilen gibi moleküllerin geometrisine uygundur. Burada karbon atomları arasında sp^2 melezlerden biri tarafından bir sigma bağı, melezlenmemiş bir dördüncü orbital tarafından bir pi bağı kurulur.

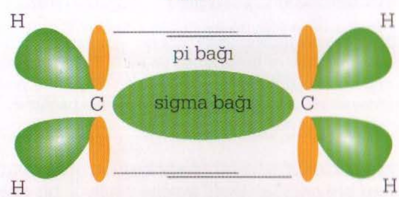
Son olarak, bir s-orbital tek p-orbitalle birleşip, lobları 180° ayrı düz bir çizgide çıkıntı yapan iki sp melez oluşturur. Bu durum, sp

Metan



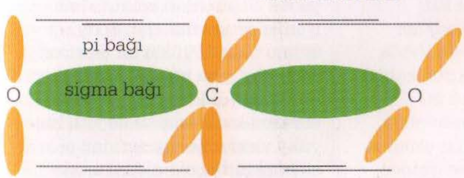
Karbon atomunda dört elektron melezlenip dört sp^3 orbitali oluşturur.

Etilen



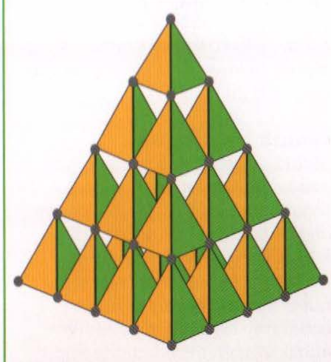
Karbon atomunda üç elektron melezlenip üç sp^2 orbitali oluşturur. Geriye kalan melezlenmemiş orbitaller karbon atomları arasında ikinci bir pi bağı oluşturur.

Karbondioksit



Karbon atomunda iki elektron, her biri bir oksijen atomuna bağlanan iki sp orbital oluşturur. Geriye kalan iki orbital bir pi bağıyla oksijene bağlanır.

Elmas



Bir elmastaki her karbon atomu, sp^3 melezler tarafından diğer dört atoma bağlanıp bir dörtyüzün köşesini oluşturur. Sonuç, kovalent karbonun –son derece güçlü olan karbon bağları– tarafından bir arada tutulan sonsuz bir örgüdür.

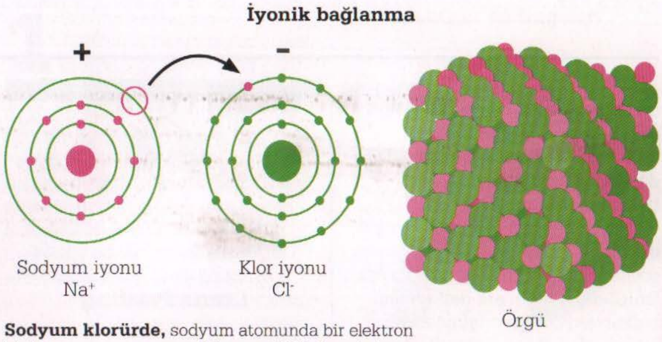
melezlerden her birinin oksijenle bir sigma bağı oluşturduğu ve geriye kalan melezlenmemiş iki orbitalin ikinci bir pi bağı oluşturduğu karbondioksitin (CO_2) yapısıyla uyumludur.

Yeni bir benzen yapısı

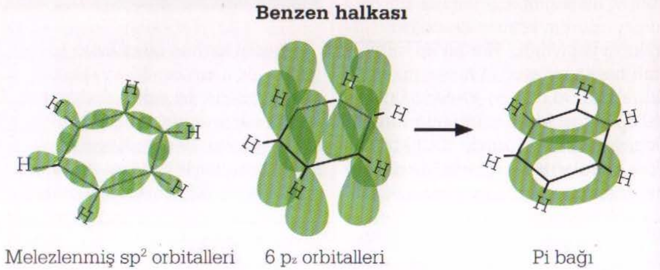
60 yıldan fazla bir süre önce August Kekulé benzenin yapısının, C_6H_6, bir halka olduğunu ilk kez öne sürüğünde endişelenmişti. Sonunda karbon atomlarının almaşık tek ve çift bağlarla bağlanması gerektiğini ve molekülün iki eşdeğer yapı arasında sallandığını öne sürdü (s. 164).

Pauling'in alternatif çözümü zarifti. Karbon atomlarının hepsinin melezli sp^2 olduğunu, bu yüzden onlar ile hidrojen atomları arasındaki bütün bağların aynı xy düzleminde yer aldıklarını ve birbirleriyle 120°'lik bir açı oluşturduklarını söyledi. Her karbon atomunun bir p_z orbitalinde kalan tek elektronu vardır. Bu elektronlar birleşip altı karbon atomunu birleştiren bir bağ oluşturur. Bu bir pi bağıdır ve bu bağda elektronlar halkanın üstünde ve altında ve karbon çekirdeğinin uzağında kalır (bkz. sağda).

İyonik bağlanma



Sodyum klorürde, sodyum atomunda bir elektron bir klor atomuna taşınıp iki tane yüklü, kararlı iyon oluşturur. İyonlar elektrostatik çekimle bir arada tutulur ve kararlı bir örgü oluşturur.



Bir benzen halkasında karbon atomları, melezlenmiş sp2 orbitalleriyle birbirlerine ve bir hidrojen atomuna bağlanır. Halkalar, 6 pz orbitalinden oluşan ve yersenik olmayan bir pi bağı tarafından birbirine bağlanır.

İyonik bağlanma

Metan ve etilen oda sıcaklığında gazdır. Benzen ve karbon bazlı diğer birçok bileşik sıvıdır. Gaz ya da sıvı halde kolayca dolaşabilen küçük, hafif molekülleri vardır. Kalsiyum karbonat ve potasyum nitrat gibi tuzlar ise, aksine, neredeyse her zaman katıdır ve ancak yüksek sıcaklıklarda erir. Yine de bir birim sodyum klorürün (NaCl) molekül ağırlığı 62, benzeninki 78'dir. Davranışlarındaki farklılığın nedeni ağırlıkları değil, yapılarıdır. Benzen atomlar arasında kovalent bağlarla tekil moleküllerde bir arada tutulur; yani her bağ, iki özgül atom arasında paylaşılan bir çift elektrondan oluşur.

Sodyum klorürün tamamen farklı özellikleri vardır. Gümüş renkli metal sodyum, yeşilimsi klor gazında yanarak beyaz katı sodyum klorür üretir. Sodyum atomunun, çekirdeğin etrafında kararlı eksiksiz bir elektron kabuğu ve bunun dışında yedek bir elektronu vardır. Klor atomunun, kararlı bir kabuğunda bir elektron eksiktir. İkisi tepkimeye girince, sodyum atomundan klor atomuna bir elektron aktarılır ve ikisi de kararlı eksiksiz elektron kabukları edinir; ama şimdi sodyum, bir sodyum iyonu Na+ ve klor, klorür iyonu Cl- haline gelmiştir (bkz. yukarıda). Kovalent bağ oluşturacak yedek elektronları yoktur; ama iyonlar artık yüklüdür: Sodyum atomu negatif yüklü bir elektron kaybetmiş, bu yüzden şimdi pozitif bir genel yükü vardır; klor atomu bir elektron kazanmış ve negatif bir yükü vardır. İyonlar artıdan eksiye elektrostatik çekimle bir arada

> Dünyada bilim insanlarının araştırmayacağı hiçbir alan yoktur. Yanıtlanmamış bazı sorular hep olacaktır. Genel olarak, henüz sorulmamış sorular vardır
> **Linus Pauling**

tutulur –güçlü bir bağ.

Sodyum klorür, X-ışını kristalografisiyle analiz edilen ilk bileşikti. Aslında NaCl molekülü diye bir şey olmadığı görüldü. Yapı, sonsuz bir almaşık sodyum ve klorür iyonları dizisinden oluşur. Her sodyum iyonu, altı klorür iyonuyla çevrilidir ve her klorür altı sodyumla çevrilidir. Diğer birçok tuzun benzer yapıları vardır: bütün boşlukları farklı iyonların doldurduğu tek iyon tipinin sonsuz örgüleri.

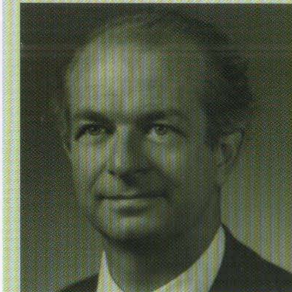
Elektronegatiflik

Pauling, saf iyonik olan sodyum klorür gibi bileşiklerin yanı sıra, bağlanması ne saf iyonik ne saf kovalent olan, ikisinin arasında bir yerde bulunan bileşiklerde de iyonik bağlanmayı açıkladı. Bu çalışma, elektronegatiflik kavramını geliştirmesine yol açtı; bu kavram, ilk kez 1800'de Alessandro Volta'nın tanıttığı büyükten küçüğe elektropozitiflik sırasına göre metalleri listelemeyi bir ölçüde tekrarlamaktaydı. Pauling, iki farklı elementin (örn. C–O) atomları arasında kurulan kovalent bağın, C–C bağlarının ve O–O bağlarının ortalama gücünden beklenenden daha güçlü olduğunu keşfetti. Bağı güçlendiren elektriksel bir faktör olması gerektiğini düşündü ve bu faktörün değerlerini hesaplamaya koyuldu. Ölçek, şimdi Pauling ölçeği olarak biliniyor.

Bir elementin (daha doğrusu tikel bir bileşikte) elektronegatifliği, elementin bir atomunun kedisine doğru ne kadar güçlü elektron çektiğinin ölçüsüdür. En elektronegatif element flordur; bilinen elementlerin en az elektronegatif (ya da en elektropozitif) olanı sezyumdur. Sezyum flüorür bileşiğinde her flor atomu bir sezyum atomundan bir elektronu tamamen çekip alır ve Cs^+F^- iyonik bileşiğiyle sonuçlanır.

Su (H_2O) gibi kovalent bir bileşikte iyonlar yoktur; ama oksijen hidrojenden daha fazla elektronegatiftir ve sonuçta, su molekülü kutuplu olur: oksijen atomunda küçük bir negatif yük, hidrojen atomlarında küçük bir pozitif yük. Yükler, su moleküllerini sıkıca birbirine yapıştırır. Suyun bu kadar çok yüzey gerilimine ve bu kadar yüksek bir kaynama noktasına sahip olmasının nedeni budur.

Pauling ilk önce 1932'de bir elektronegatiflik ölçeği önerdi; sonraki yıllarda ve başkaları ölçeği daha da geliştirdi. Kimyasal bağın doğasını açıklayan çalışmalarından ötürü 1954'te Nobel Kimya Ödülünü aldı. ■



Linus Pauling

Linus Carl Pauling ABD'de, Oregon'da Portland kentinde doğdu. Hâlâ Oregon'dayken kuantum mekaniğinden haberdar oldu ve 1926'da Avrupa'da dünya uzmanlarının yönetiminde konuyu araştırmak üzere bir burs kazandı. Dönüp, California Teknoloji Enstitüsünde yardımcı profesör oldu ve ömrünün çoğunu orada geçirdi.

Pauling biyolojik moleküllere büyük ilgi duydu ve orak hücreli aneminin moleküler bir hastalık olduğunu keşfetti. Barış kampanyaları da yürüttü ve ABD ile Vietnam arasında arabuluculuk çabalarından ötürü 1963'te Nobel Barış Ödülünü aldı.

Sonraki yaşamında, alternatif tıp coşkusunun bir sonucu olarak ünü zarar gördü. Soğuk algınlığına karşı bir savunma olarak yüksek dozda C vitamini alınmasını savundu; bu tedavinin etkisiz olduğu daha sonra kanıtlandı.

Önemli eserleri

1939 ***The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals***

ATOMUN ÇEKİRDEĞİNDE KORKUNÇ BİR GÜÇ VARDIR

J. ROBERT OPPENHEIMER (1904–1967)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1905 Albert Einstein'ın ünlü kütle-enerji eşdeğerliği denklemi $E=mc^2$, küçük kütlelerin büyük miktarda enerjiyi nasıl "depoladığını" açıklar.

1932 John Cockcroft ve Ernest Walton'un lityum çekirdeklerini protonlarla bölme deneyleri, çekirdeğin içinde kilitli muazzam enerjinin ipuçlarını verir.

1939 Leó Szilárd uranyum-235'in tek bir fisyon olayının üç nötron serbest bıraktığını saptar ve bir zincirleme reaksiyonun olanaklı olduğunu öne sürer.

SONRA
1954 SSCB'nin Obninsk Nükleer Enerji Santrali çalışmaya başlar. Ülkenin ulusal şebekesine elektrik üreten ilk nükleer enerji santralidir.



1938'de dünya bir atom çağının eşiğinde duruyordu. Bir kişi öne çıkıp, bu yeni çağı başlatacak bilimsel atılıma öncülük edecekti. J. Robert Oppenheimer için bu karar, sonunda onu yok edecekti. Dünyanın gördüğü en büyük bilimsel projenin –Manhattan Projesi– yöneticisiydi; ama sonunda bundaki rolünden büyük üzüntü duydu.

Merkeze itme

Oppenheimer'ın değişik meslek yaşamını, huzursuz bir "neredeyse orada olma" dürtüsü karakterize etmişti ve bu dürtü, Harvard'dan yeni mezun olan adamı Avrupa'ya, teorik fiziğin merkezine götürdü. 1926'da Almanya'da Göttingen Üniversitesinde Max Born'la birlikte Born-Oppenheimer yaklaşıklığını üretti ve Oppenheimer'ın ifadesiyle, "moleküllerin neden molekül olduğunu" açıklamak için kullandı. Bu yöntem kuantum mekaniğini tekil atomların ötesine genişletip, kimyasal bileşiklerin enerjisini açıkladı. Bu, çok iddialı bir matematik alıştırmasıydı; çünkü bir molekülde her elektron için baş döndürücü bir olasılıklar dizisini hesaplamak gerekiyordu. Oppenheimer'ın Almanya'daki çalışmalarının, modern kimyada enerji hesaplama bakımından çok önemli olduğu anlaşıldı; ama atom bombasına yol açacak son atılım, ABD'ye döndükten sonra geldi.

Fisyon ve kara delikler

Atom bombasının yapılmasına yol açan zincirleme reaksiyon 1938 Aralığının ortasında, Alman kimyacılar Otto Hahn ve Fritz Strassmann Berlin'deki

Ayrıca bkz. Marie Curie 190–95 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ Albert Einstein 214–21

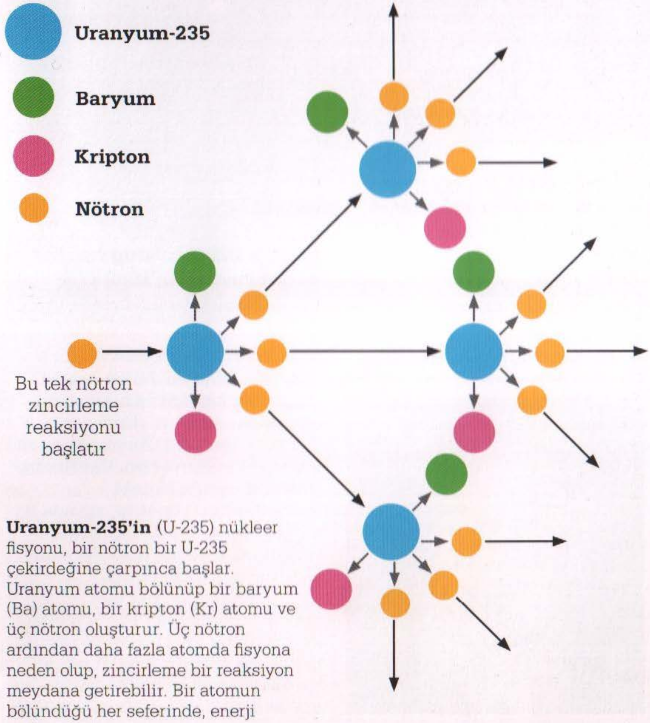
> Dünyanın aynı olmayacağını biliyorduk. Birkaç kişi güldü. Birkaç kişi ağladı. Pek çoğu sessiz kaldı. Hindu kutsal kitabındaki ayeti hatırladım: "Şimdi Ölüm oluyorum, dünyaların yıkıcısı."
> **J. Robert Oppenheimer**

laboratuvarlarında "atomu bölünce" başladı. Uranyuma nötron ateşliyorlardı; ama nötron soğurulmasıyla daha ağır elementler ya da bir ya da daha fazla nükleon emisyonuyla daha hafif elementler yaratmak yerine, uranyum çekirdeğinden 100 tane daha az nükleona sahip olan daha hafif baryum elementinin çıktığını gördüler. O sırada bilinen hiçbir nükleer süreç, 100 nükleon kaybını açıklayamadı.

Kafası karışan Hahn, Kopenhag'daki meslektaşları Lise Meitner ve Otto Frisch'e bir mektup gönderdi. Bir ay içinde Meitner ve Frisch nükleer fisyonun temel mekanizmasını çıkarıp; uranyumun baryum ve kriptona nasıl ayrıldığını, kayıp nükleonların enerjiye dönüştüğünü ve bunu bir zincirleme reaksiyonun izleyebildiğini anladılar. 1939'da Danimarkalı fizikçi Niels Bohr haberi ABD'ye götürdü. Meitner-Fischer makalesinin *Nature* dergisinde yayımlanmasının yanı sıra, Bohr'un anlatımıyla da, Doğu Kıyısı bilim topluluğunu heyecan ateşi sardı. Princeton'da yıllık Teorik Fizik Konferansından sonra Bohr ile John Archibald Wheeler arasındaki görüşmeler, Bohr-Wheeler nükleer fisyon teorisine yol açtı.

Aynı elementin bütün atomlarının aynı sayıda protona sahip çekirdekleri vardır; ama nötronların sayısı değişebilir, aynı elementin farklı izotoplarını meydana getirebilir. Uranyumda doğal yolla oluşan iki izotop vardır. Uranyum-238 (U-238) doğal uranyumun yüzde 99,3'ünü oluşturur. Çekirdekleri 92 proton ve 146 nötron barındırır. Doğal uranyumun geriye kalan yüzde 0,7'si, çekirdeği 92 proton ve 143 nötron barındıran uranyum-235'ten (U-235) oluşur. Bohr-Wheeler teorisi, düşük enerjili nötronların U-235'te fisyona neden olabildiği, atomun bölünmesine ve süreçte enerji açığa çıkmasına yol açabildiği bulgusunu cisimleştirdi.

Haberler Batı Kıyısına ulaşınca, o sırada Berkeley'de olan



Uranyum-235'in (U-235) nükleer fisyonu, bir nötron bir U-235 çekirdeğine çarpınca başlar. Uranyum atomu bölünüp bir baryum (Ba) atomu, bir kripton (Kr) atomu ve üç nötron oluşturur. Üç nötron ardından daha fazla atomda fisyona neden olup, zincirleme bir reaksiyon meydana getirebilir. Bir atomun bölündüğü her seferinde, enerji açığa çıkar.

Oppenheimer büyülendi. Yeni teoriyle ilgili bir dizi ders ve seminer verdi ve çok geçmeden, korkunç güçlü bir silah yapma potansiyelini gördü – ona göre yeni bilimi kullanmanın "iyi, dürüst ve pratik bir yol"u. Ama Doğu Kıyısı üniversitelerinde laboratuvarlar ilk fisyon deneylerinin sonuçlarını tekrarlama yarışındayken, Oppenheimer kendi kütleçekimleri altında büzülüp çökerek kara delikleri oluşturan yıldızlarla ilgili araştırmalarına yoğunlaştı.

Düşüncenin doğuşu

Bir nükleer silah düşüncesi, zaten ortalıkta dolaşıyordu. Daha 1913'te H. G. Wells "atomların iç enerjisinin akıtılarak" "atom bombaları" yapmaktan söz ediyordu. *The World Set Free* romanında, icadın 1933'te gerçekleşeceği belirtilmişti. 1933'te Ernest Rutherford, *The Times*'ta basılan bir konuşmada nükleer fisyon sırasında serbest kalan büyük miktarda enerjiye değindi. Bununla birlikte Rutherford, bu enerjiyi kullanma düşüncesini "saçmalık" diye önemsemedi; çünkü işlem o kadar verimsizdi ki, verdiği enerjinin çok daha fazlasını harcamaktaydı.

Bunun nasıl yapılabileceğini görmek ve savaşa koşan bir dünya için korkunç sonuçlarını anlamak Britanya'da yaşayan Leó Szilárd adlı bir Macara kaldı. Rutherford'un konuşmasını derinliğine inceleyen Szilárd, ilk fisyon olayından çıkan "ikincil nötronlar"ın daha başka fisyon olaylara yaratabildiğini ve bunun, artan bi r zincirleme nükleer fisyon reaksiyonuyla sonuçlanacağını gördü. Szilárd daha sonra, "dünyanın felakete koştuğuna dair kafamda fazla bir kuşku yoktu" diye hatırlıyordu.

Almanya'da ve ABD'deki deneyler zincirleme reaksiyonun gerçekten olanaklı olduğunu gösterdi ve Szilárd ile başka bir Macar göçmenin, Edward Teller'in bir mektupla Albert Einstein'a yaklaşmalarına neden oldu. Einstein mektubu 11 Ekim 1939'da ABD Başkanı Roosevelt'e iletti ve on gün sonra, bombayı ilk önce Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirme olasılığını araştıracak Uranyum Danışma Komitesi kuruldu.

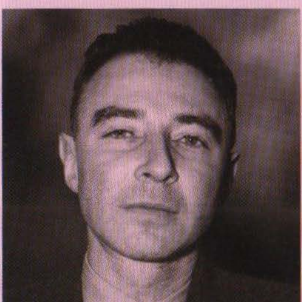
Büyük Bilimin doğuşu

Bu karardan doğan Manhattan Projesi, düşünülebilir en büyük ölçekte bilimdi. ABD ve Kanada'da birçok büyük alana yayılmış çok kollu bir organizasyon ve sayısız daha küçük tesis 130.000 kişi çalıştırdı ve kapandığı sırada 2 milyar ABD doları yutmuştu (2014'ün parasıyla 26 milyar ABD dolarından fazla) – ve hepsi son derece gizli.

1941'in başında bir bomba için parçalanabilir malzeme üretmek için beş ayrı yöntem izlenmesine karar verildi: uranyum-238'den uranyum-235 izotopları ayırmak için termal difüzyon, gaz difüzyonu

> Dünyanın doğasını aniden ve köklü bir biçimde değiştiren bir iş, en korkunç silahı yaptık. Ve bunu yapmakla, bilimin insanın iyiliğine olup olmadığı sorusunu yeniden gündeme getirdik.
>
> **J. Robert Oppenheimer**

J. Robert Oppenheimer



New York City'nin Etik Kültür okulunda okuyan Julius Robert Oppenheimer, kavramları çabuk kavrayan çelimsiz, sinirli bir çocuktu. Harvard Üniversitesinden mezun olduktan sonra Cambridge Üniversitesinde Ernest Rutherford'un yönetimi altında iki yıl geçirdi, sonra Almanya'da Göttingen'e geçip, Max Born'un kanatlarının altına girdi.

Oppenheimer, her işin merkezinde büyük yeteneği olan karmaşık bir karakterdi ve gittiği her yerde nüfuzlu dostlar edindi. Ne var ki, dillere destan keskin bir dili ve üstün bir zekâ kabul edilme isteği vardı. En fazla Menhattan Projesi'ndeki çalışmalarıyla tanınmasına rağmen, bilime en kalıcı katkısı savaştan önce California Üniversitesinde nötron yıldızları ve kara delikler üzerine araştırmasıydı.

Önemli eserleri

1927 *On the Quantum Theory of Molecules*
1939 *On Continued Gravitational Contraction*

9 Ağustos 1945'te plütonyum bombası "Şişko Adam" Güney Japonya'da Nagazaki'ye atıldı. Yaklaşık 40.000 kişi anında öldü, izleyen haftalarda daha fazla insan öldü.



ve elektromanyetik ayırma; ayrıca nükleer reaktör teknolojisi alanında iki araştırma hattı. 2 Aralık 1942'de nükleer fisyonu gerektiren ilk kontrollü zincirleme reaksiyon, Chicago Üniversitesinde tıkış tıkış bir avluda gerçekleştirildi. Enrico Fermi'nin Chicago Pile-1'i, uranyumu zenginleştirilip yeni keşfedilen plütonyumu – uranyumdan daha ağır olan, hızlı bir zincirleme reaksiyona neden olabilen ve daha da öldürücü bir bomba yapmak için kullanılabilen kararsız bir element– yaratacak reaktörlerin prototipiydi.

Büyülü Dağ

Manhattan Projesi'nin gizli silah araştırmalarının başına getirilen Oppenheimer, New Mexico'da Los Alamos Ranch'de kullanılmayan bir yatılı okulu, projenin son evreleri – bir atom bombasının yapılması– için araştırma tesisinin yeri olarak onayladı. "Site Y" en fazla sayıda Nobel sahibinin bir yerde toplanmasına tanık oldu.

Önemli bilimin çoğu zaten yapıldığı için, Los Alamos'taki bilim insanlarının çoğu New Mexico çölündeki çalışmalarını yalnızca bir "mühendislik sorunu" diye önemsemedi. Ama Oppenheimer'in 3000 bilim insanını koordine etmesi, bombanın yapılmasını olanaklı kıldı.

Fikir değişikliği

16 Temmuz 1945'te başarılı Trinity testi ve daha sonra 6 Ağustos 1945'te "Küçük Oğlan" denilen bir bombanın Japonya'da Hiroşima'nın üzerinde patlatılması, Oppenheimer'ı sevindirdi. Ne var ki, olay Los Alamos müdürünün üzerine uzun bir gölge düşürecekti. Bomba atıldığı sırada Almanya zaten teslim olmuştu ve Los Alamos bilim insanlarının çoğu bombanın gücünün gösterilmesi gerektiğini düşündü –Japonya korkunç gücünü gördükten sonra kesinlikle teslim olacaktı. Ne var ki, bazıları Hiroşima'nın zorunlu bir kötülük olduğuna inandığı halde, 9 Ağustos'ta Nagazaki üzerinde bir plütonyum bombasının –"Şişko Adam" denilen– patlatılmasını haklı göstermek zordu. Bir yıl sonra, Oppenheimer atom bombalarının yenilmiş bir düşmana atıldığı kanaatinde olduğunu açıkça ifade etti.

Ekim 1945'te Oppenheimer Başkan Henry S. Truman'la görüştü ve ona "Ellerimde kan olduğunu hissediyorum" dedi. Truman öfkelendi. Kongre soruşturması Oppenheimer'in güvenlik iznini 1954'te kaldırıp, kamusal politikayı etkileme olanağına son verdi.

O zamana kadar Oppenheimer askeri-sınai kompleksin gelişine nezaret etmiş ve yeni bir Büyük Bilim çağını başlatmıştı. Yeni bir bilimsel terörün yaratılmasına başkanlık etmekle, eylemlerinin ahlaki sonuçlarının bir simgesi haline geldi – bilim insanlarının artık hesaba katmaları gereken sonuçların. ■

TEMEL

TAŞLAR

1945–GÜNÜM

YAPI

RI

ÜZ

1946 — Fred Hoyle **yıldızlarda yeni elementlerin** nasıl **oluştuğunu** açıklar.

1948 — Richard Feynman yeni **kuantum elektrodinamiği** disiplini üzerinde çalışır.

1951 — Barbara McClintock **genetik rekombinasyonu** kanıtlayıp, genlerin bir kromozomun etrafından nasıl hareket ettiğini gösterir.

1953 — James Watson ve Francis Crick **DNA'nın kimyasal yapısını** keşfeder.

1953 — Harold Urey ve Stanley Miller **yaşamın kökenine ilişkin olası bir kimyasal mekanizmayı** gösterir.

1957 — Hugh Everett III, kuantum fiziğinin **çoklu dünyalar yorumunu** öneren ilk kişidir.

1961 — Sheldon Glashow **elektrozayıf etkileşimler** için yeni bir simetri modeli sunar.

1961 — Charles Keeling havadaki **karbondioksit yoğunluğunun** artmakta olduğunu gösterir.

20. yüzyılın ikinci yarısı, teleskoptan kimyasal analize kadar bilimin neredeyse her alanında kullanılan teknolojinin hızlı ilerleyişine tanık oldu. Yeni teknoloji hesaplama ve deney olanaklarını genişletti. İlk bilgisayarlar 1940'larda yapıldı ve yeni bir bilim, Yapay Zekâ, doğdu. CERN'in Büyük Hadron Çarpıştırıcısı –parçacık hızlandırıcı– şimdiye kadar yapılmış en büyük bilimsel donanımdır. Güçlü mikroskoplar atomların ilk kez doğrudan görülmesine olanak verirken; yeni teleskoplar da güneş sistemimizin ötesindeki gezegenleri ortaya çıkardı. 21. yüzyıla gelindiğinde bilim büyük ölçüde daha pahalı donanımı ve disiplinlerarası işbirliğini gerektiren bir ekip faaliyeti haline geldi.

Yaşamın kodu

1953'te Chicago Üniversitesinde Amerikalı kimyacılar Harold Urey ve Stanley Miller, şimşek atmosferde kimyasal tepkimeler başlatınca Yeryüzünde yaşamın başlamış olup olamayacağını anlamak için zekice bir deney hazırladı. Aynı yıl iki moleküler biyolog –Amerikalı James Watson ve Briton Francis Crick– ABD ve Sovyetler Birliğindeki rakip ekiplere karşı bir yarış içinde, deoksiribonükleit asitin yani DNA'nın moleküler yapısını ortaya çıkarıp, yaşamın genetik kodunun anahtarını sağladı; yarım yüzyıldan kısa bir süre sonra insan genomunun eksiksiz haritasının çıkarılmasına yol açtı.

Genetik mekanizma hakkında yeni bilgiyle silahlanan Amerikalı biyolog Lynn Margulis görünürde saçma bir teori önerdi: Bazı organizmalar başka organizmalar tarafından soğurulabilir, aynı zamanda ikisi de yaşamaya devam eder ve bütün çok hücreli yaşam formlarının karmaşık hücrelerini bu süreç üretmiştir. Kuşku yıllarından sonra, önerisinden 20 yıl sonra yapılan genetik keşifler onu haklı çıkardı. Amerikalı mikrobiyolog Michael Syvanen genlerin bir türden diğerine nasıl atlayabildiğini gösterirken; 1990'larda kazanılmış karakteristiklerin aktarılabildiğine dair eski Lamarckçı düşünce, epigenetiğin keşfiyle yeniden ilgi gördü. Evrimin gerçekleşme mekanizmalarına ilişkin bilgi çok daha fazla zenginleşiyor.

Yüzyılın sonuna gelindiğinde, kendi insan genomu projesini yeni bitirmiş olan Amerikalı Craig Venter, DNA'sını bilgisayarında

1964 — Peter Higgs **kütleden sorumlu temel bir parçacığın** var olduğunu öne sürer.

1964 — Murray Gell-Mann kuarklar düşüncesini öne sürüp, parçacık fiziğinin **standart modeline** yol açar.

1967 — Lynn Margulis bütün organizmaların başkaları tarafından emildiği **endosimbiyoz** düşüncesiyle meslektaşlarını sarsar.

1974 — Stephen Hawking **kara deliklerin düşük düzeyde ışınım yaydığını** gösterir.

1980 — Yuri Manin **kuantum hesaplama** düşüncesini önerir.

1985 — Michael Syvanen **genlerin** bir türden diğerine **geçebildiğini** söyler.

2010 — Craig Venter, **sentetik yaşam formları** tasarlayabildiğini iddia eder

2012 — **Higgs bozonu,** CERN tarafından saptanır.

planladığı yapay yaşamı yaratmıştı. İskoçya'da Ian Wilmut ve meslektaşları, birçok aksilikten sonra bir koyunu klonlamayı başarmıştı.

Yeni parçacıklar

Fizikte, kuantum mekaniğinin tuhaflıkları, kuantum etkileşimlerini "edimsiz" parçacıkların değişimi bakımından açıklayan Amerikalı Richard Feynman ve diğerleri tarafından daha da araştırıldı. Paul Dirac 1930'larda karşı-maddenin varlığını doğru bir biçimde öngörmüştü ve sonraki on yıllarda, daha güçlü parçacık çarpıştırıcıların çarpışmalarından daha fazla yeni atom-altı parçacıkları ortaya çıktı. Bu egzotik parçacıklar bahçesinden parçacık fiziğinin, doğanın temel parçacıklarını özelliklerine göre düzenleyen standart modeli çıktı. Bütün fizikçiler ikna olmadı; ama 2012'de modelin öngördüğü Higgs bozonu CERN'in Büyük Hadron Çarpıştırıcısı tarafından saptanınca, standart model büyük bir güç kazandı.

Bu arada, bir "her şeyin teorisi" –doğanın dört temel kuvvetini (kütle-çekimi, elektromanyetizma, yeğin ve zayıf nükleer kuvvetler) birleştirecek bir teori– arayışı yeni yönelimlere girdi. Amerikalı Sheldon Glashow elektromanyetizma ile zayıf nükleer kuvveti tek "elektrozayıf" teoride birleştirirken; sicim teorisi, üç uzay ve bir zaman boyutuna ek olarak altı gizli boyutun varlığını önererek her fizik teorisini tek teoride birleştirmeye kalkıştı. Amerikalı fizikçi Hugh Everett III, birden fazla evrenin varlığı için matematiksel bir temel olabileceğini öne sürdü. Everett'in sürekli bölünen çoklu-evren teorisi başlangıçta önemsenmedi, ama son birkaç yıldır taraftar bulmaktadır.

Gelecek yönelimler

Kuantum mekaniğini genel görelilikle birleştirecek tarifi zor bir teori de dahil, henüz çözülmeyen derin bilmeceler var. Ama kuantum mekaniksel kubitin [kuantum bit] işlem inceliğinde potansiyel bir devrim de dahil, davetkâr olanaklar da açılıyor. Hayal bile edemediğimiz yeni sorunların ortaya çıkması olasıdır. Bilim tarihi bir rehberse, beklenmeyeni beklemeliyiz. ■



YILDIZ TOZUNDAN OLUŞURUZ

FRED HOYLE (1915–2001)

KISACA

BİLİM DALI
Astrofizik

ÖNCE
1854 Alman fizikçi Hermann van Helmholtz, güneşin yavaş kütleçekimsel kasılmayla ısı ürettiğini öne sürer.

1863 İngiliz astronom William Huggins'in yıldızların spektrum analizi, Yerde bulunan elementleri paylaştıklarını gösterir.

1905–10 ABD'de ve İsveç'te astronomlar yıldızların ışıma gücünü analiz eder ve yıldızları cüceler ve devlet olarak gruplandırır.

1920 Arthur Eddington yıldızların nükleer füzyon yoluyla hidrojeni helyuma dönüştürdüklerini savunur.

1934 Fritz Zwicky, büyük kütleli bir yıldızın son patlaması için "süpernova" terimini icat eder.

SONRA
2013 Derin deniz fosilleri, bir süpernovadan demirin biyolojik izleri olabilecek şeyleri açığa vurur.

Yıldızların nükleer füzyon işlemiyle enerji ürettiği düşüncesi ilk kez Britanyalı astronom Arthur Eddington tarafından 1920'de önerildi. Ona göre yıldızlar, hidrojen çekirdeklerini eritip helyuma dönüştüren fabrikalardı. Bir helyum çekirdeği, onu yaratmak için gerekli dört hidrojen çekirdeğinden biraz daha az bir kütle içerir. Bu kütle, $E=mc^2$ denklemi uyarınca enerjiye dönüşür. Eddington kütleçekimin içeriye doğru çekmesi ile kaçan ışınımın dışa doğru basıncı arasındaki dengeye dayanarak bir yıldız yapısı modeli geliştirdi; ama gerekli olan nükleer reaksiyonlar fiziğini ortaya çıkarmadı.

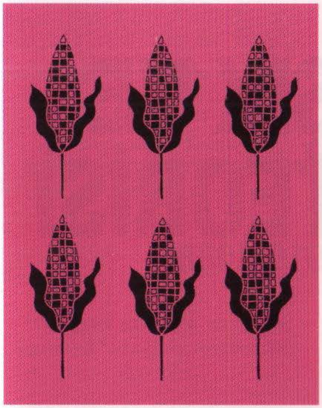
Ağır elementlerin oluşumu

1939'da Almanya doğumlu ABD'li fizikçi Hans Bethe, hidrojen füzyonunun girebileceği farklı yolların ayrıntılı bir analizini yayımladı. İki yol saptadı – Güneşimiz gibi yıldızlara egemen olan yavaş, düşük sıcaklıklı bir zincir ve daha büyük kütleli yıldızlara egemen olan hızlı, yüksek sıcaklıklı bir döngü.

1946 ile 1957 arasında Britanyalı astronom Fred Hoyle ve diğerleri Bethe'nin düşüncelerini geliştirip, helyumu gerektiren ileri füzyon reaksiyonlarının karbon ve demir kütlesi kadar ağır elementleri nasıl üretebildiğini gösterdi. Bu, Evrenin birçok ağır elementinin kökenini açıkladı. Şimdi demirden ağır elementlerin süpernova patlamalarında –büyük kütleli yıldızların ölüm sancıları– oluştuğunu biliyoruz. Yaşam için ihtiyaç duyulan elementler yıldızlarda meydana gelir. ■

> Uzay asla uzak değildir. Arabanız yukarı doğru düz gidebilirse, yalnızca bir saatlik sürüş mesafesindedir
> **Fred Hoyle**

Ayrıca bkz. Marie Curie 190–95 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ Georges Lemaître 242–45 ▪ Fritz Zwicky 250–51



ATLAYAN GENLER

BARBARA McCLINTOCK (1902–1992)

KISCA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1866 Gregor Mendel kalıtımı, "parçacıkların" –daha sonra gen denilen– belirlediği bir görüngü olarak tarif eder.

1902 Theodor Boveri ve Walter Sutton, birbirinden bağımsız olarak, kalıtımda kromozomların işe karıştığı sonucuna varır.

1915 Thomas Hunt Morgan'ın meyve sineği deneyleri daha önceki teorileri doğrular ve genlerin aynı kromozom üzerinde birbirine bağlanabildiğini gösterir.

SONRA
1953 James Watson ve Francis Crick'in çift-sarmal DNA modeli genetik malzemenin nasıl kopyalandığını gösterir.

2000 İnsanların 23 çift kromozomunda 20.000-25.000 genin yerini kataloglayan ilk insan genomu yayımlanır.

20. yüzyılın başında, Gregor Mendel'in 1866'da açıklamış olduğu kalıtım yasaları, gen olarak tanımlanan kalıtım parçacıklarıyla ve onları taşıyan, kromozom denilen mikroskobik ipliklerle ilgili yeni keşifler yapıldıkça geliştirildi. 1930'larda Amerikalı genetikçi Barbara McClintock kromozomların daha önce düşünüldüğü gibi sabit olmadığını ve genlerin kromozomlardaki konumunun değişebildiğini anladı.

Gen değişimi

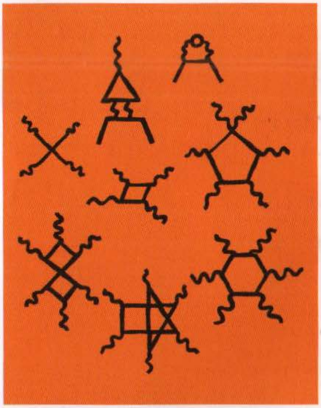
McClintock mısır bitkilerinde kalıtımı araştırıyordu. Bir mısır koçanının yüzlerce tanesi vardır; tanelerin her biri koçanın genlerine göre sarı, kahverengi renkli ya da çizgilidir. Bir mısır tanesi bir tohumdur – tek bir yavru; bu yüzden çok sayıda koçanı incelemek, tane renginin kalıtımı konusunda bir dizi veri verir. McClintock dölleme deneylerini kromozomlar üzerinde mikroskop çalışmasıyla birleştirdi. 1930'da, cinsel üreme sırasında, cinsiyet hücreleri oluştuğunda kromozomların çiftleşip, bir X şekli yarattığını gördü. X şeklinde bu yapıların, kromozom çiftlerinin segment değiştirdiği yerlere işaret ettiğini anladı. Önceden aynı kromozom üzerinde birbirine bağlı olan genler karıştı ve değişken renkler de dahil, yeni özelliklerle sonuçlandı.



Mısırda değişken renkler
McClintock'u bu çeşitlilikten sorumlu genetik rekombinasyonların izini sürmeye teşvik etti; raporunu 1951'de yazdı.

Genlerin bu şekilde karılması –genetik rekombinasyon denilen– yavruda çok daha büyük bir genetik çeşitlilik üretir. Sonuç olarak farklı çevrelerde hayatta kalma şansı artar. ■

Ayrıca bkz. Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Michael Syvanen 318–19



TUHAF IŞIK VE MADDE TEORİSİ

RICHARD FEYNMAN (1918–1988)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1925 Louis de Broglie kütleli birçok parçacığın dalga gibi davranabildiğini öne sürer.

1927 Werner Heisenberg kuantum düzeyinde, bir parçacığın konumu ve momentumu gibi belli değer çiftlerinde asli bir belirsizlik olduğunu gösterir.

1927 Paul Dirac kuantum mekaniğini tekil parçacıklardan çok alanlara uygular.

SONRA
1950'lerin sonu Julian Schwinger ve Sheldon Glashow, zayıf nükleer kuvveti elektromanyetizmayla birleştiren elektrozayıf teoriyi geliştirir.

1965 Moo-Young Han, Yoichiro Nambu ve Oscar Greenberg yeğin kuvvet altında parçacık etkileşimini, şimdi "renk yükü" olarak bilinen bir özelliğe dayanarak açıklar.

1920'lerin kuantum mekaniğinden çıkan sorulardan biri, madde parçacıklarının kuvvetler aracılığıyla nasıl etkileşime girdikleriydi. Elektromanyetizmanın da, kuantum ölçeğinde çalışan bir teoriye ihtiyacı vardı. Ortaya çıkan teori, kuantum elektrodinamiği (KED), elektromanyetizma değişimi yoluyla parçacık etkileşimini açıklamamaktaydı. Öncülerinden biri, Richard Feynman, tarif ettiği Evren resmini gözünde canlandırmak zor olduğu için "tuhaf" demesine rağmen, çok başarılı bir teori olduğu anlaşıldı.

Kurye parçacıklar

Paul Dirac, elektrik yüklü parçacıkların elektromanyetik enerji kuantumları ya da "fotonları" –ışığı oluşturan aynı elektromanyetik kuantumlar– alışverişi yaparak etkileşime girdikleri düşüncesine dayanan bir KED teorisine doğru ilk adımı attı. Heisenberg'in belirsizlik ilkesine uygun olarak çok kısa zaman aralıklarında fotonlar yoktan yaratılabilir ve bu durum, "boş" uzayda kullanılabilir enerji miktarında dalgalanmalara olanak verir. Bu tür fotonlara bazen "sanal" parçacık denilir ve daha sonra fizikçiler, elektromanyetizmaya bulaştıklarını doğruladı. Daha genel olarak, kuantum alan teorilerindeki kurye parçacıklar "ayar bozonları" olarak bilinir.

Ne var ki, KED'de sorunlar vardı. En önemlisi, denklemleri



Feynman diyagramları parçacıkların etkileşime girme yollarını gösterir. Burada iki elektron edimsiz bir foton alışverişiyle birbirini iter.

Ayrıca bkz. Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Sheldon Glashow 292–93

Parçacıklar foton alışverişi yaparak **etkileşime girer.** →

Bu alışveriş, her biri kendi olasılığıyla **birçok farklı şekilde** gerçekleşebilir.

↓

Olası bütün olayların **olasılıklarını toplamak,** deney sonuçlarının **doğru bir tasvirini** verir.

← **"Tuhaf ışık ve madde teorisi" doğru sonuçlar üretir.**

çoğu kez anlamsız sonsuz değerler üretmekteydi.

Olasılıkları toplamak

1947'de Alman fizikçi Hans Bethe, denklemleri gerçek laboratuvar sonuçlarını yansıtacak şekilde sabitlemenin bir yolunu önerdi. 1940'ların sonunda Japon fizikçi Sin-Itiro Tomogana, Amerikalılar Julian Schwinger ve Richard Feynman ve diğerleri Bethe'nin düşüncelerini alıp geliştirerek, KED'in matematiksel olarak sağlam bir versiyonunu ürettiler. Kuantum mekaniğine göre etkileşimlerin gerçekleşebileceği bütün olası yolları hesaba katarak anlamlı sonuçlar üretti.

Feynman, "Feynman diyagramları"nı –parçacıklar arasında olası elektromanyetik etkileşimlerin basit görsel temsilleri; süreçlerin sezgisel bir tasvirini verirler– icat ederek bu karmaşık konuyu yaklaşılabilir hale getirdi. En önemli atılım, parçacıkların zaman içinde geriye doğru hareket yolları da dahil olmak üzere, bir etkileşimi her bireysel yolun olasılıklarının bir toplamı olarak modellemenin matematiksel bir yolunu bulmaktı. Toplandığında, birçok olasılık birbirini sıfırlamaktaydı: Örneğin, bir parçacığın belirli bir yönde yol alma olasılığı karşıt yönde yol alma olasılığıyla aynı olabilir; dolayısıyla bu olasılıkların toplamı sıfırdır. Geriye doğru zaman yolculuğunu gerektiren "tuhaf" olasılıklar da dahil her olasılığı toplamak, görünürde düz çizgiler halinde yol alan ışık gibi bilinen sonuçlar üretir. Bununla birlikte, belli koşullarda toplanan olasılıklar tuhaf sonuçlar üretir ve deneyler, ışığın her zaman düz çizgiler halinde yol almasının zorunlu olmadığını göstermiştir. Haliyle, KED, algıladığımız dünyaya yabancı gibi gelse de, gerçekliğin doğru bir tasvirini verir.

KED o kadar başarılı oldu ki, diğer temel kuvvetlere ilişkin benzer teoriler için bir model haline geldi – yeğin nükleer kuvvet, kuantum kromodinamiğiyle (KKD) başarılı bir biçimde tasvir edilirken; elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvvetler, birleşik bir elektrozayıf ayar teorisinde birleştirildi. Yalnızca kütleçekim, bu tür bir modele uymayı reddetmektedir. ▪



Richard Feynman

1918'de New York'ta doğan Richard Feynman matematik yeteneğini erken yaşta belli etti ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsünü (MIT) birincilikle bitirdikten sonra, Princeton'a lisansüstü giriş sınavında matematik ve fizikte mükemmel bir not aldı. 1942'de doktora diploması aldıktan sonra Feynman, Manhattan Projesinde Hans Bethe'nin yönetiminde çalıştı. II. Dünya Savaşı bittikten sonra, Cornell Üniversitesinde Bethe ile birlikte çalışmaya devam etti; KED üzerine en önemli çalışmasını orada yürüttü.

Feynman kendi düşüncelerini iletme becerisi gösterdi. Nanoteknoloji potansiyelini teşvik etti ve ölümünün son döneminde KED ve modern fiziğin diğer boyutlarıyla ilgili çok satan kitaplar yazdı.

Önemli eserleri

1950 *Mathematical Formulation of the Quantum Theory of Electromagnetic Interaction*
1985 *QED: The Strange Theory of Light and Matter*
1985 *Surely You're Joking, Mr. Feynman?*



YAŞAM BİR MUCİZE DEĞİLDİR

HAROLD UREY (1893–1981) STANLEY MILLER (1930–2007)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE

1871 Charles Darwin yaşamın, "küçük, sıcak bir gölde" başlamış olabileceğini öne sürer.

1922 Rus biyokimyacı Aleksandr Oparin karmaşık bileşiklerin ilkel bir atmosferde oluşmuş olabileceğini öne sürer.

1952 ABD'de Kenneth A. Wilde karbondioksit ve su buharından oluşan bir karışımdan 600 voltluk kıvılcımlar geçirir ve karbon monoksit elde eder.

SONRA

1961 İspanyol biyokimyacı Joan Oró, Urey-Miller karışımına daha fazla olası kimyasal ekler ve başka şeylerin yanı sıra, DNA için yaşamsal moleküller elde eder.

2008 Miller'in eski öğrencisi Jeffrey Bada ve diğerleri daha yeni, daha duyarlı teknikler kullanarak, daha fazla organik moleküller elde eder.

Yerin ilk atmosferi **bir gaz karışımı** içermekteydi.

↓

Yeterince enerji verilen bu gazlar birbiriyle **tepkimeye** girmiş olabilir.

↓

Daha karmaşık moleküller oluşmuş, **en erken yaşam formlarının yapı taşlarını** sağlamış olabilir.

↓

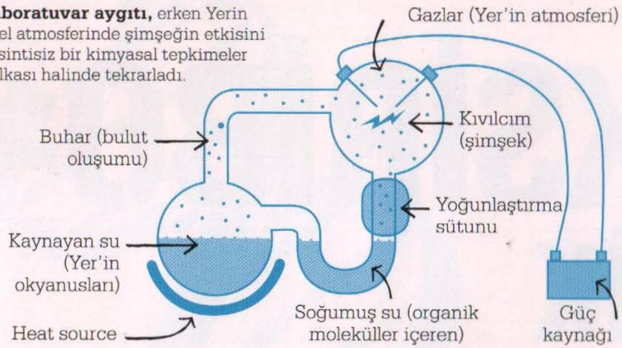
Yaşam bir mucize değildir.

Bilim insanları uzun süre yaşamın kökenini araştırdı. 1871'de Charles Darwin arkadaşı Joseph Hooker'a yazdığı bir mektupta şunları söyledi: "Ama eğer... her türlü amonyak ve fosforik tuzun, ışığın, ısının, elektriğin ve benzerlerinin hazır bulunduğu küçük, sıcak bir gölde, bir protein bileşiğinin kimyasal olarak daha karmaşık değişimlere uğramaya uygun oluştuğunu tasavvur edebilsek..." 1953'te Amerikalı kimyacı Harold Urey ve öğrencisi Stanley Miller Yerin ilk dönem atmosferini laboratuvarda oluşturmanın bir yolunu buldu ve inorganik maddeden (karbon bazlı) yaşam için temel olan bileşikler üretti.

Urey-Miller deneyinden önce kimya ve astronomi alanında ilerlemeler, güneş sisteminin yaşam olmayan diğer gezegenlerindeki atmosferi analiz etmişti. 1920'lerde Sovyet biyokimyacı Aleksandr Oparin ve Britanyalı genetikçi J.B.S. Haldane, birbirinden bağımsız olarak şunu öne sürdü: Prebiyotik (yaşam öncesi) Yerdeki koşullar bu gezegenlerdeki gibiyse, o zaman basit kimyasallar ilksel bir çorbada tepkimeye girip, canlıların

Ayrıca bkz. Jöns Jakob Berzelius 119 ▪ Friedrich Wöhler 124–25 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Fred Hoyle 270

Laboratuvar aygıtı, erken Yerin ilkel atmosferinde şimşeğin etkisini kesintisiz bir kimyasal tepkimeler halkası halinde tekrarladı.



evrilebileceği daha karmaşık moleküller oluşturmuş olabilir.

Yer'in ilk atmosferini yeniden yaratmak

1953'te Urey ve Miller, Oparin-Haldane teorisini test etmek için ilk uzun deneyi gerçekleştirdi. Birbiriyle bağlantılı, atmosferden yalıtılmış cam balonlardan oluşan kapalı bir devreye, Yer'in ilkel atmosferinde olduğunu düşündükleri gazların –hidrojen, metan ve amonyak– bir karışımını ve su koydular. Su buharının oluşması ve kapalı devredeki bütün cam balonlardan geçmesi için su ısıtıldı. Cam balonların birinde, şimşeği –ilk tepkimelerin farazi tetikleyicilerinden biri– temsilen sürekli kıvılcım çıkaran bir çift elektrot vardı. Kıvılcımlar bazı moleküllerin parçalanmasına ve böylece diğer moleküllerle tepkimeye girecek yüksek tepkinli formlar üretmeye yetecek kadar enerji sağlıyordu.

Bir gün içinde karışım pembeleşti ve iki hafta sonra Urey ve Miller karbonun (metandan) en az yüzde 10'nun başka organik bileşikler biçiminde olduğunu gördü. Karbonun yüzde ikisi, bütün canlılardaki proteinin yaşamsal yapı taşı olan aminoasitleri oluşturmuştu. Urey, Miller'i *Science* dergisine deneyle ilgili bir tebliğ göndermeye teşvik etti; dergi tebliği "Olası ilkel yer koşullarında aminoasit üretimi" başlığıyla yayımladı. Dünya, Darwin'in "küçük, sıcak göl"ünün ilkel yaşam formlarını nasıl üretmiş olabileceğini artık hayal edebilirdi.

Bir söyleşide Miller, "temel bir prebiyotik deneyde kıvılcım devresini açmak, aminoasit üretir" dedi. Daha sonra, 1953'te kullanılanlardan daha iyi donanım kullanan bilim insanları, ilk deneyin en az 25 aminoasit ürettiğini bulguladı. Yer'in ilk atmosferinin volkanlardan çıkan kükürt dioksit, hidrojen sülfür, nitrojen ve karbon dioksit içerdiği neredeyse kesin olduğuna göre, o zaman çok daha zengin bir organik bileşik karışımı yaratılmış olabilir – ve sonraki deneylerde gerçekten de oluştu. Bazıları Yer'de bulunan bazıları bulunmayan düzinelerce aminoasit içeren göktaşları da, güneş sisteminin dışındaki gezegenlerde yaşam işaretleri aramayı kamçıladı. ■

Harold Urey ve Stanley Miller

Harold Clayton Urey ABD'de, Indiana'da Walkerton'da doğdu. İzotopların ayrılması üzerine çalışmaları, kendisine 1934'te Nobel Kimya Ödülünü kazandıran döteryumun keşfine yol açtı. Sonra, Manhatten Projesinin ilk atom bombasını geliştirmesi bakımından çok önemli olan gaz difüzyonuyla uranyum-235 zenginleştirmeyi geliştirdi. Chicago'da Stanley Miller'le birlikte gerçekleştirdiği prebiyotik deneyden sonra San Diego'ya taşındı ve Apollo 11'in getirdiği ay kayaçlarını inceledi.

Stanley Llyod Miller California'da Oakland'da doğdu. California Üniversitesinde kimya okuduktan sonra, Chicago'da öğretim görevlisi oldu ve Harold Urey'le birlikte çalıştı. Daha sonra San Diego'da profesör oldu.

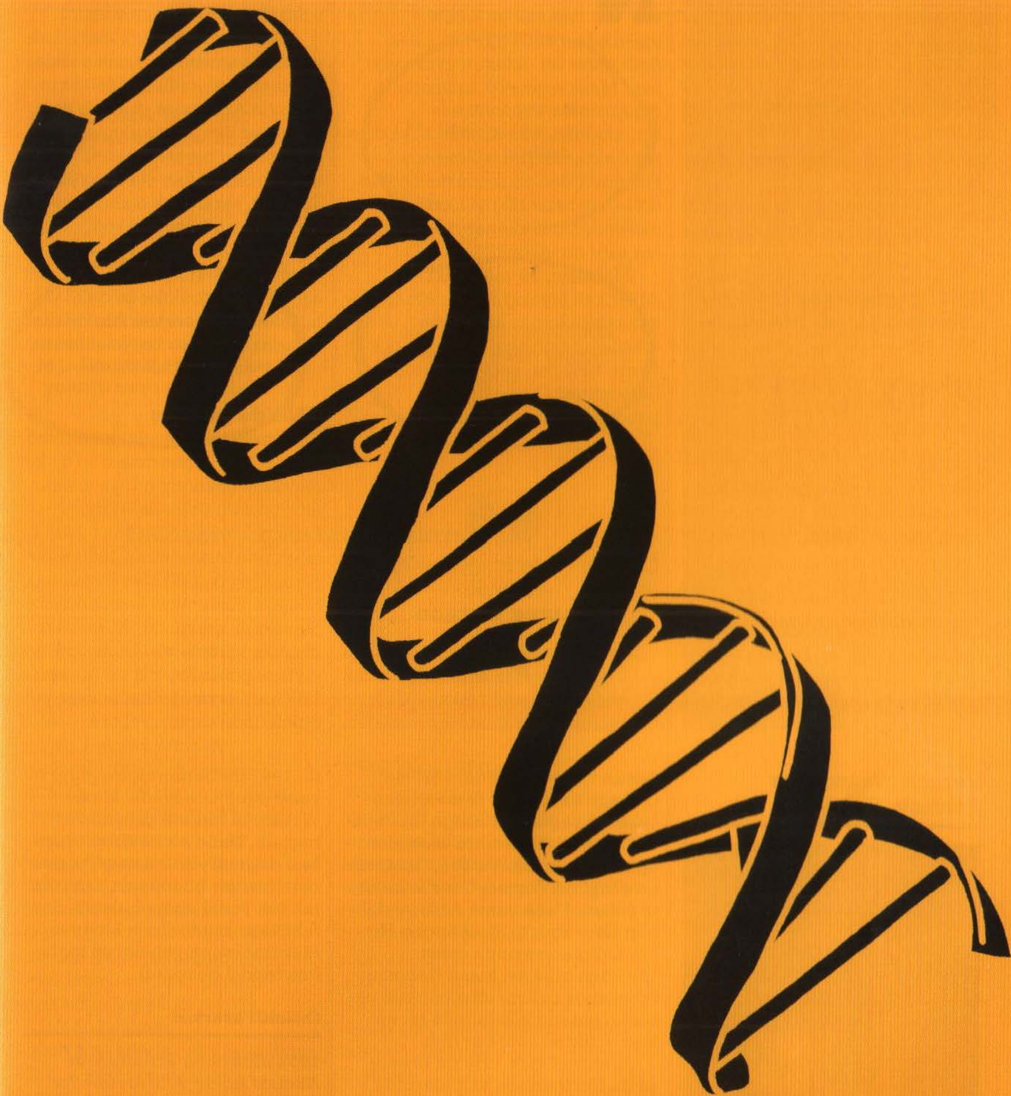
Önemli eserleri

1953 *Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions*

"[Evren] araştırmalarım, başka gezegenlerde yaşam olduğuna fazla kuşku bırakmaz. İnsan ırkının en zeki yaşam formu olduğundan kuşkuluyum."
Harold C. Urey

DEOKSİRİBO-NÜKLEİK ASİT (DNA) İÇİN BİR YAPI ÖNERMEK İSTİYORUZ

JAMES WATSON (1928–)
FRANCIS CRICK (1916–2004)



KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1869 Friedrich Miescher kan hücrelerinde DNA'yı ilk kez tanımlar.

1920'ler Phoebus Levene ve diğerleri DNA'nın bileşenlerini şekerler, fosfatlar ve dört tip baz olarak analiz eder.

1944 Deneyler DNA'nın bir genetik veri taşıyıcısı olduğunu gösterir.

1951 Linus Pauling belli biyolojik moleküller için alfa sarmal yapıyı önerir.

SONRA
1963 Frederick Sanger, DNA'daki bazları saptamak için dizileme yöntemini geliştirir.

1960'lar DNA'nın kodu çözülür: Bir proteinde her aminoaside karşılık üç DNA kod bazı.

2010 Craig Venter ve ekibi yapay DNA'yı canlı bir bakteriye nakleder.

Nisan 1953'te, bilim dergisi *Nature*'da tantanasız yayınlanan kısa bir makalede, canlı organizmalarla ilgili temel bir gizemin yanıtı yer aldı. Makale genetik talimatların organizmaların içinde nasıl tutulduğunu hem sonraki kuşaklara nasıl aktarıldığını açıklıyordu. Önemlisi, deoksiribonükleik asitin (DNA), genetik bilgiyi içeren molekülün çift sarmal yapısını ilk kez tarif etmekteydi.

Makaleyi, 29 yaşındaki Amerikalı biyolog James Watson ile daha yaşlı İngiliz araştırma arkadaşı biyofizikçi Francis Crick yazdı. 1951'den beri Cambridge Üniversitesi Cavendish Laboratuvarında laboratuvar müdürü Sir Lawrence Bragg yönetiminde DNA'nın yapısı üzerinde birlikte çalışıyorlardı.

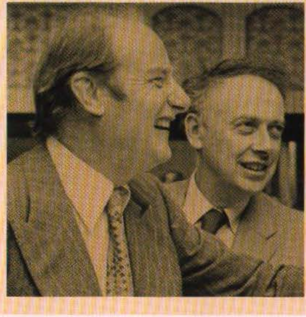
> O kadar güzel ki, gerçek olmak zorunda.
> **James Watson**

DNA o günün sıcak konusuydu ve onun yapısını anlamak o kadar yakın görünüyordu ki, 1950'lerin başında Avrupa'da, ABD'de ve Sovyetler Birliği'nde ekipler DNA'nın üç boyutlu şeklini "kıran" ilk ekip olmak için çekişiyordu – DNA'nın eşzamanlı olarak genetik veriyi bir tür kimyasal kod biçiminde taşımasına ve aynı genetik verilerin yavruya ya da bir sonraki kuşağınkiler de dahil yavru hücrelere geçecek şekilde kendisini eksiksiz ve doğru kopyalamasına olanak veren modeli çözmek için.

DNA'da geçmiş

DNA molekülü, genellikle sanıldığı gibi 1953'te keşfedilmedi ve neden meydana geldiğini ortaya çıkaran ilk kişiler de Crick ile Watson değildi. DNA'nın çok daha uzun bir araştırma tarihi vardır. 1880'lerde Alman biyolog Walther Flemming, hücreler bölünmeye hazırlanırken hücrelerin içerisinde "X"-benzeri cisimler (daha sonra kromozom adı verilen) göründüğünü rapor etmişti. 1900'de Gegor Mendel'in bezelye bitkilerinde yaptığı kalıtım

James Watson ve Francis Crick



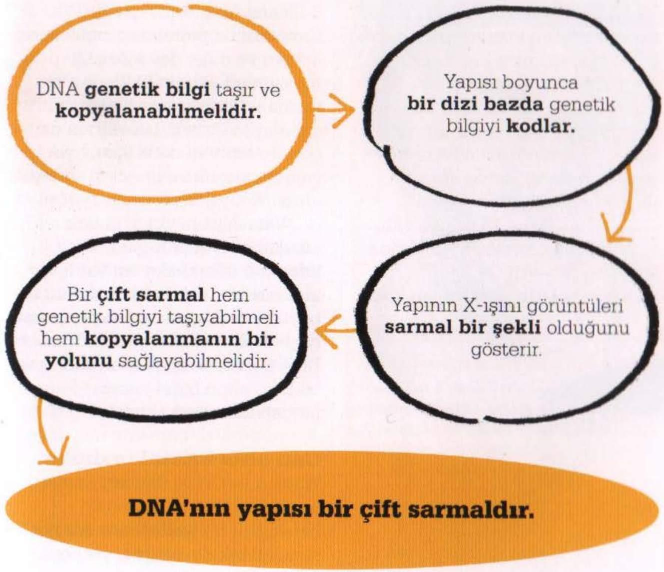
James Watson (sağda) 1928'de Chicago'da doğdu. Zamanından önce, 15 yaşında Chicago Üniversitesine girdi. Genetikte lisansüstü eğitimden sonra Watson, Cambridge'e taşınıp Francis Crick'le birlikte çalıştı. Daha sonra ABD'ye dönüp New York'ta Cold Spring Harbor Laboratuvarında çalıştı. 1988'den itibaren İnsan Genomu Projesinde çalıştı; ama genetik verilerin patenti konusunda bir anlaşmazlıktan sonra ayrıldı.

Francis Crick 1916'da Britanya'da Northamton yakınlarında doğdu. II. Dünya Savaşı sırasında denizaltı tahrip mayınları geliştirdi. 1947'de Cambridge'e gidip biyoloji okudu ve orada Jamas Watson'la birlikte çalışmaya başladı. Daha sonra Crick "merkezi dogma"yla -buna göre, genetik veriler hücrelerde esas olarak tek yönlü akar- ünlendi. Sonraki yaşamında Crick beyin araştırmalarına yöneldi ve bir bilinç teorisi geliştirdi.

Önemli eserleri

1953 *Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid*
1968 *The Double Helix*

Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ Barbara McClintock 271 ▪ Linus Pauling 254–59 ▪ Craig Venter 324–25



deneyleri yeniden keşfedildi – Mendel, çiftler (daha sonra gen denilecek) halinde gelen kalıtım birimleri olduğunu öne süren ilk kişi olmuştu. Mendel yeniden keşfedildiği sırada, Amerikalı hekim Walter Sutton'un ve ondan bağımsız Alman biyolog Theodor Boveri'nin dölleme deneyleri, kromozom kümelerinin (genleri taşıyan çubuk-şeklinde yapılar) bölünen bir hücreden yavru hücrelere geçtiğini ortaya çıkardı. Ardından gelen Sutton-Boveri teorisi, kromozomların genetik malzemenin taşıyıcıcı olduğu önerisinde bulundu.

Kısa süre içinde daha fazla bilim insanı, X-şeklinde bu gizemli cisimleri araştırdı. 1915'te biyolog Thomas Hunt Morgan, kromozomların gerçekten kalıtsal bilgi taşıyıcısı olduklarını gösterdi. Bir sonraki adım, kromozomları oluşturan moleküllere –gen adayı olabilecek moleküllere– bakmaktı.

Yeni gen çiftleri

1920'lerde iki tip aday molekül keşfedildi: histon denilen proteinler ve İsviçreli biyolog Friedrich Miescher'in 1869'da kimyasal olarak *nuclein* diye tarif ettiği nükleik asitler. Rus-Amerikalı biyokimyacı Phoebus Levene ve diğerleri, DNA'nın ana bileşenlerini artan bir ayrıntıyla, her biri bir deoksiriboz şeker, bir fosfat ve baz denilen dört alt-birimden oluşan nükleotit birimler olarak tanımladı. 1940'ların sonuna gelindiğinde dev bir polimer –tekrarlayan birimlerden ya da monomerlerden oluşan büyük bir molekül– olarak DNA'nın temel formülü açıktı. 1952'de bakterilerle yapılan deneyler, rakip adayların, kromozomların içindeki proteinlerin değil, bizzat DNA'nın kendisinin genetik bilginin fiziksel cisimleşmesi olduğunu göstermişti.

Hünerli araştırma aletleri

Birbiriyle yarışan araştırmacılar birçok ileri araştırma aleti kullanıyordu; bunların arasında, X-ışınlarının bir maddenin kristallerinden geçtiği X-ışını kırınımı kristalografisi de vardı. Bir kristalin atomunun içeriği bakımından benzersiz geometrisi, içlerinden geçen X-ışını demetlerini kırmaktaydı. Sonuçta ortaya çıkan noktaların, çizgilerin ve lekelerin kırınım örüntüleri fotoğraf filmine çekilmekteydi. Bu örüntülerden geriye doğru çalışılarak, kristalin içindeki yapısal ayrıntıları ortaya çıkarmak olanaklıydı. Bu kolay bir iş değildi. X-ışını kristalografisi, kristal bir avizenin büyük bir odanın tavanında ve duvarlarında oluşturduğu binlerce ışık örüntüsünü inceleyip, avizedeki her

> Yirmi aminoasit ile dört bazın, küçük çekincelerle, doğanın her tarafında aynı olması... biyokimyanın çarpıcı genellemelerinden biridir.
> **Francis Crick**

cam parçasının konumunu ve şeklini ortaya çıkarmaya benzetildi.

Pauling önde

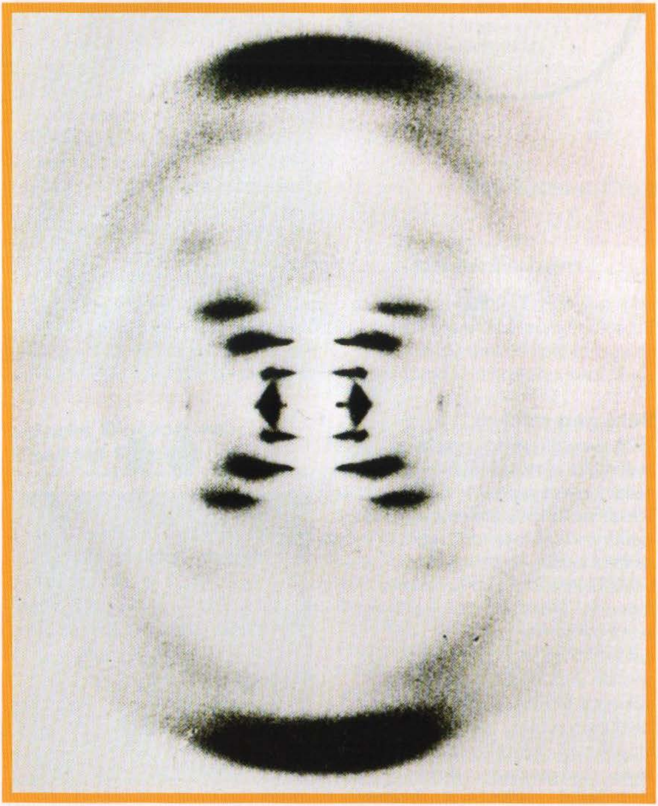
Cavendish Laboratuvarındaki Britanyalı araştırma ekibi, Linus Pauling'in yönettiği Amerikalı araştırmacıları yenmek istiyordu. 1951'da Pauling ile meslektaşları Robert Corey ve Herman Branson, birçok biyolojik molekülün –kanda oksijen taşıyan hemoglobin de dahil– burguya benzer sarmal bir şekle sahip olduğu önerisinde bulununca, moleküler biyolojide zaten bir atılım yapmıştı. Pauling bu moleküler modele alfa sarmalı adını verdi.

Pauling'in atılımı Cavendish Laboratuvarını kılpayı yenmişti ve DNA'nın yapısının kesin şekli onların avucundaymış gibi görünüyordu. Sonra 1953'ün başında DNA'nın yapısının üçlü bir sarmal biçiminde olduğunu öne sürdü. O sırada James Watson Cavendish Laboratuvarında çalışıyordu. Daha 25 yaşındaydı, ama gençlik coşkusu ve zoolojide iki derecesi vardı ve bakteriyofajların –bakterileri yok eden virüsler– genlerini ve nükleik asitlerini incelemişti. 37 yaşında olan Crick, beyinle ve sinir bilimiyle ilgilenen bir biyofizikçiydi. Canlılardaki proteinleri, nükleik asitleri ve diğer dev molekülleri incelemişti. Pauling'i yenip alfa sarmalı düşüncesine ulaşmaya çabalayan Cavendish ekibini de gözlemlemiş ve daha sonra, yanlış varsayımlarını ve geleceği olmayan araştırma çabalarını analiz etmişti.

Watson'ın ve Crick'in farklı alanlarda da olsa X-ışını kristalografisi deneyimi vardı ve kısa sürede ikisi birlikte, ikisini de büyüleyen iki soruna kafa yormaya başladı: Fiziksel bir molekül olarak DNA genetik bilgiyi nasıl kodlar ve bu bilgi canlı bir sistemin parçalarına nasıl aktarılır?

Can alıcı kristal resimler

Watson ve Crick, Pauling'in alfa sarmal protein modelindeki başarısını biliyordu; bu modelde molekül tek bir burgulu yol boyunca dönüyor, her 3,6 dönüşte ana yapısını tekrarlıyordu. En son araştırmaların Pauling üçlü sarmal DNA modelini destekliyor gibi görünmediğini de biliyorlardı. Bu durum, muammalı modelin ne tek ne üçlü sarmal olmama olasılığını düşünmelerine yol açtı. Kendileri pek fazla deney yapmadı. Onun yerine, DNA'yı oluşturan çeşitli atomlar ve alt-gruplar arasındaki bağların açılarıyla ilgili bilgi veren kimyasal deneylerin sonuçları da dahil, başka deneylerin verilerini topladılar. X-ışını kristalografisiyle ilgili ortak bilgilerini de bir havuzda topladılar ve DNA'nın ve benzer



Bu X-ışını kırınımı DNA fotoğrafı 1953'te Rosalind Franklin tarafından elde edildi ve DNA'yı çözmede en büyük ipucuydu. DNA'nın sarmal yapısı, leke ve çizgi örüntüsünden ortaya çıkarıldı.

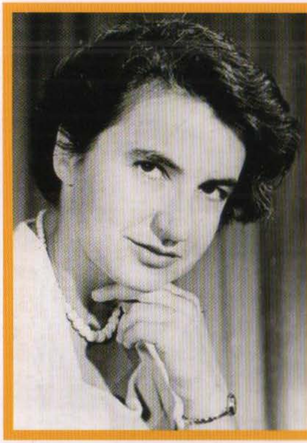
başka moleküllerin en yüksek kaliteli görüntülerine elde eden araştırmacılara yaklaştılar. Bu görüntülerden biri, atılımlarını gerçekleştirmede anahtar haline gelen "foto 51"di.

Foto 51, DNA'nın bir X-ışını kırınımı görüntüsüydü; bir panjurun çıtaları arasından bakılan bir "X"e benziyordu – gözlerimize flu gelir, ama o sırada en keskin ve en bilgi verici X-ışını DNA resimleri arasındaydı. Bu tarihsel resmi çeken fotoğrafçının kimliği konusunda bazı tartışmalar var. X-ışını kristalografisinde uzman, Rosalind Franklin adlı Britanyalı bir biyofizikçinin ve onun King's College'deki yüksek lisans öğrencisi Raymond Gosling'in laboratuvarından geldi. Çeşitli zamanlarda ikisinden birinin görüntünün sahibi olduğuna inanıldı.

Karton modeller

Moleküler biyolojiyle ilgilenen fizikçi Maurice Wilkins de King's College'da çalışıyordu. 1953'ün başında, Wilkins biraz da bilimsel usullere aykırı olarak, Franklin ve Gosling'in elde ettiği görüntüleri onların izni ya da bilgisi olmadan James Watson'a gösterdi. Amerikalı görüntülerin önemini hemen anladı ve içerimlerini hemen Crick'e iletti. Aniden çalışmaları doğru yola girdi.

> Yaşamın sırrını keşfettik.
> **Francis Crick**



Rosalind Franklin'in DNA'nın yapısına ilişkin teorik modelleriyle ilgili taslak raporları, Watson ve Crick'in çift sarmalı keşfetmelerinde kilit rol oynadı; ama sağken fazla takdir görmedi.

Bu noktadan itibaren olayların tam sırası belirsizleşir ve keşfe ilişkin sonraki anlatılımlar çelişkilidir. Franklin DNA'nın yapısına ve şekline ilişkin düşüncelerini yayımlanmamış taslak raporlarda açıklamıştı. Watson ve Crick çeşitli önerilerle boğuşurken, bu taslakları da bir araya topladılar. Pauling'in alfa sarmal modelinden türetilen ve Wilkins tarafında da desteklenen ana düşünce, dev molekül için tekrarlayan bir sarmal örüntü biçimine odaklandı.

Franklin'in merak ettiği konulardan biri şuydu: Yapısal "omurga," fosfat ve deoksiriboz şeker alt-birimlerinden oluşan bir zincir, bazların dışarı doğru çıkıntılar oluşturduğu merkezde miydi yoksa tam tersi mi söz konusuydu? Yardım eden bir meslektaş da, 1962'de hemoglobin ve diğer proteinlerin yapısıyla ilgili çalışmalarından ötürü Nobel ödülü alacak Avusturya doğumlu Britanyalı biyolog Max Perutz'du. Perutz da Franklin'in yayımlanmamış raporlarına ulaşmış, Watson ve Crick ağına aktarmıştı. DNA'nın omurgasının dış tarafta olduğu, bazların içe doğru baktığı ve belki çiftler halinde birbirine bağlandığı düşüncesinin peşine düştüler. Bu moleküler alt-birimleri – omurgada fosfatlar ile şekerler ve dört tip baz (adenin, timin, guanin ve sitozin)– temsil eden karton şekiller kesip karıştırdılar.

1952'de Watson ve Crick, Chargaff'ın birinci kuralını tasarlayan Avusturya doğumlu biyokimyacı Erwin Chargaff'la tanışmıştı. Bu kurala göre, DNA'da guanin miktarı ile sitozin miktarı eşittir, adenin ve timin miktarı da öyledir. Deneyler bu dört miktarın bazen kabaca eşit olduğunu, bazen olmadığını göstermişti. Eşit olmadığını gösteren bulgular yöntem yanlışları olarak görüldü ve dört bazın eşit miktarda olduğu, temel kural olarak kabul edildi.

Parçaları birbirine uydurmak

Chargaff baz niceliklerini iki çifte ayırmakla, DNA'nın yapısına ışık tutmuştu. Watson ve Crick, adeninin her zaman ve yalnızca timine, guaninin sitozine bağlandığını düşünmeye başladı. Watson ve Crick karton parçalarını üç boyutlu yapbozları için bir araya getirirken, matematikten, X-ışını görüntülerinden, kimyasal bağlara ve açılarına ilişkin kendi bilgilerinden ve başka kaynaklardan alınan büyük miktarda veriyle –hepsi yaklaşık ve bir dizi yanlışa tabi verilerle– oynuyorlardı. Timin ve guanin konfigürasyonlarında hafif



Bunlar erkek insan kromozomlarıdır. Crick ve Watson'ın keşfinden önce, kromozomların bölünen bir hücreden bir yavru hücreye geçen genleri taşıdığı bilinmekteydi.

düzeltmeler yapmanın parçaların birbirine uymalarına olanak yaratıp, baz çiftlerin ortada birbirine bağlandığı zarif bir çift sarmal ürettiğini anlayınca, son atılımları geldi. Bir tam dönüşte 3,6 alt-birimi olan protein alfa sarmalından farklı olarak, DNA'nın dönüş başına 10,4 alt-birimi vardı.

Watson ve Crick'in tarif ettiği model, basamak işlevi gören baz çiftlerle birbirine bağlanan bir "döner merdiven" gibi birbirinin etrafında dönen iki sarmal ya da burgu fosfat-şeker omurgadan oluşmaktaydı. Baz dizisi bir cümledeki harfler gibi çalışıyor, birleşip bütünsel bir komut ya da gen meydana getiren –sırası gelince, genetik verinin fiziksel tezahürü olan ve hücrenin dokusunda ve işlevinde tikel bir rolü bulunan tikel proteini ya da diğer molekülü nasıl meydana getireceğini hücreye söyleyen– küçük bilgi birimlerini taşıyordu.

Fermuarı kapatmak ve açmak

Her baz çifti kimyacıların hidrojen bağları dediği şey tarafından birleştirilir. Bunlar görece kolay meydana gelir ve kopar; bu yüzden çift sarmalın bölümleri, bağlar çözülerek "açılabilir;" bu da, bir kopya yapmanın şablonu olarak bazların kodunu ortaya çıkarır.

Bu açma-kapama iki sürecin gerçekleşmesine olanak vermekteydi. Birincisi, nükleik asitin tamamlayıcı bir ayna kopyası, çift sarmalın açılmamış yarısından yapılabilirdi; sonra genetik bilgisini baz dizisi olarak taşırken, hücre çekirdeğini protein üretimine katılmaya bırakırdı.

İkincisi, çift sarmalın tamamı açıldığında, her parça yeni bir tamamlayıcı partner inşa etmek için bir şablon gibi hareket ederdi – ilk DNA ve birbirleriyle özdeş olan

iki DNA ile sonuçlanır. Bu şekilde, bir organizmanın yaşamı boyunca hücreler büyümek ve onarmak için ikiye bölündükçe –ve sperm ve yumurtalar, cinsiyet hücreleri, kendi genlerini taşıyıp döllenmiş yumurta meydana getirdikçe ve böylece bir sonraki kuşağı başlattıkça– DNA kopyalanmaktaydı.

"Yaşamın sırrı"

28 Şubat 1953'te, keşiflerine sevinen Watson ve Crick, Cavendish ve diğer laboratuvarlardan meslektaşların buluştuğu, Cambridge'in en eski meyhanelerinden The Eagle'a öğle yemeğine gitti. Crick'in, Watson ile birlikte "yaşamın sırrı"nı keşfettiklerini açıklayarak içkicileri şaşkına çevirdiği söylenir – ya da daha sonra, Watson *The Double Helix* kitabında böyle olduğunu hatırladı, ama Crick inkâr etti.

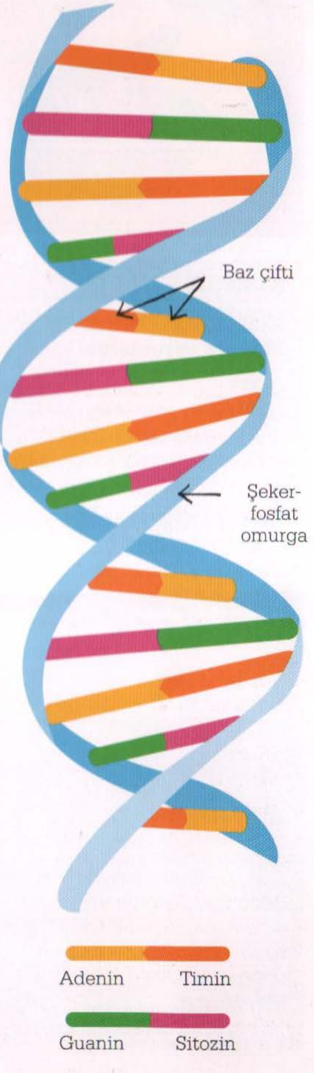
1962'de Watson, Crick ve Wilkins "nükleik asitlerin moleküler yapısı ve canlı materyalde bilgi aktarımı bakımından önemleriyle ilgili keşiflerinden ötürü" Nobel Fizyoloji ya da Tıp Ödülünü aldı. Ne var ki, ödül tartışma konusu oldu. Önceki yıllarda Rosalind Franklin'in kilit önemdeki X-ışını görüntülerini üretmesi ve Watson ve Crick'in araştırmalarına doğrudan yardımcı olan raporları yazması fazla resmi takdir görmemişti. Franklin 1958'de 37 yaşında yumurtalık kanserinden ölmüştü ve dolayısıyla, ölenlere Nobel verilmediği için 1962'de ödüle uygun değildi. Bazıları ödülün daha önce verilmesi ve Franklin'in de alanlardan biri olması gerektiğini söyledi; ama kurallar en fazla üç kişiye izin veriyordu.

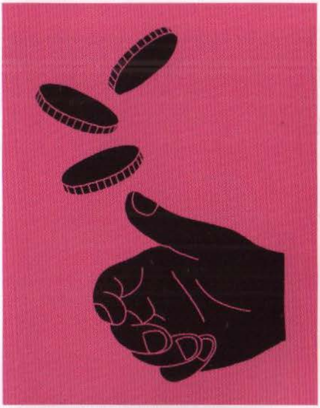
Anıtsal çalışmalarından sonra Watson ve Crick dünya çapında şöhret oldu. Moleküler biyoloji alanında araştırmalarına devam edip, çok sayıda ödül ve nişan aldılar. DNA'nın yapısı bilindikten sonraki büyük adım, genetik "kodu" çözmekti. 1964'e kadar bilim insanları, baz dizilerinin yaşamın yapı taşları olan özel proteinleri ve diğer molekülleri meydana getiren amino asitlere nasıl çevrildiğini ortaya çıkardılar.

Bugün bilim insanları bir organizmanın bütün genlerinin – toplu olarak genomu denilen– baz dizilişini saptayabiliyorlar. Genleri hareket ettirmek, DNA'nın özel paçalarından silmek ve diğer parçalarına yerleştirmek için DNA'ya müdahale edebiliyorlar. 2003'te, şimdiye kadarki en büyük uluslararası biyolojik araştırma projesi İnsan Genomu Projesi, insan genomunun haritasını çıkarmayı tamamladığını duyurdu –20.000 genden fazla bir dizi. Crick ve Watson'ın keşfi, genetik mühendisliğine ve gen tedavisine zemin hazırlamıştı. ■

> Ben hayattayken genomumun dizileceğini hiç düşlemedim.
> **James Watson**

Bir DNA molekülü, şeker-fosfatlardan oluşan bir omurgaya tutunan baz çiftlerin oluşturduğu bir çift sarmaldır. Baz çiftleri her zaman ya adenin-timin ya sitozin-guanin kombinasyonunda eşleşir.





GERÇEKLEŞEBİLEN HER ŞEY GERÇEKLEŞİR

HUGH EVERETT III (1930–1982)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik ve evrenbilim

ÖNCE
1600 İtalyan filozof Giordano Bruno, meskun dünyaların sonsuzluğuna inandığı için kazıkta yakılır.

1924–27 Niels Bohr ve Werner Heisenberg, bir dalga fonksiyonu çöküşüne başvurarak dalga-parçacık ikiliğini ölçme paradoksunu çözmeye çalışır.

SONRA
1980'lar Eşevresizlik olarak bilinen bir ilke, çoklu dünyalar yorumunun çalışabileceği bir mekanizma sağlamaya çalışır.

2000'ler İsveçli kozmolog Max Tegmark, sonsuz evrenler tarif eder.

2000'ler Kuantum bilgisayar teorisinde, bilişimsel güç, bizim evrenimizde olmayan üst üste binmelerden kaynaklanır.

Kenarı üzerinde dengede duran bir kart, ya **ön yüzüne** ya da **arka yüzüne** düşer.

Kuantum teorisi **her iki sonucun da gerçekleşmesine** izin verir. Bu yüzden her kart-düşüşü kendi olası dünyasıyla sonuçlanır.

Deneyi dört kez tekrarlarsak, **16 paralel dünya** yaratmış oluruz (2 x 2 x 2 x 2).

Sonuçlara doğanın karar vermediği bir kuantum teorisi, **gözleme uygundur.**

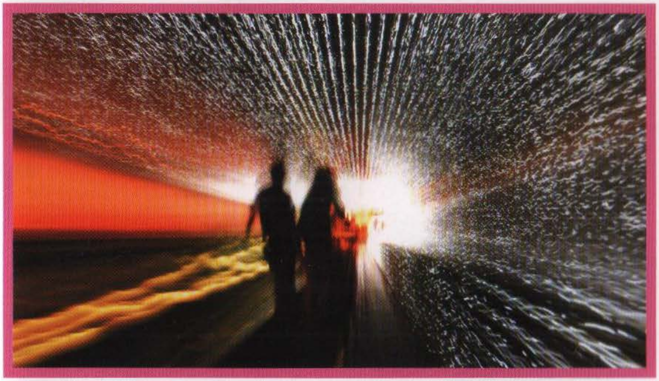
Gerçekleşebilen her şey gerçekleşir.

Hugh Everett bilimkurgu hayranları için kült bir figürdür; çünkü kuantum mekaniğine ilişkin çoklu dünyalar yorumu (ÇDY) bilim insanlarının gerçekliğin doğasıyla ilgili düşüncelerini değiştirdi.

Everett'in çalışması, kuantum mekaniğinin kalbindeki can sıkıcı kusurdan esinlendi. Kuantum mekaniği maddenin en temel düzeyindeki etkileşimleri açıklayabilmesine rağmen, deneye aykırı gibi görünen sonuçlar da üretir – ölçme paradoksunun (s. 232-33) kalbindeki ikilem.

Kuantum dünyasında atomaltı parçacıkların, Erwin Schrödinger'in dalga fonksiyonunun tarif ettiği gibi, çok sayıda olası konum, hız ve spin durumlarında üst üste binmiş halde var olmasına izin verilir; ama gözlemlendiği anda çoklu olasılık ortadan kalkar. Bir kuantum

Ayrıca bkz. Max Planck 202–05 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Erwin Schrödinger 226–33



"Çoklu-evren," Washington DC'deki Ulusal Sanat Galerisinde 41.000 LED lambadan oluşan bir kurulumdur.

sistemini ölçme ediminin kendisi "hat değiştirip" şu ya da bu duruma yönelir, seçenek tercihini mecbur kılar gibi görünür. Aşina olduğumuz dünyada havaya atılan para, yazı ya da tura gelir, aynı anda yazı, tura ve her ikisi gelmez.

Kopenhag yorumu

1920'lerde Niels Bohr ve Werner Heisenberg, Kopenhag yorumu olarak bilinen bir yorumla ölçüm sorununu atlamaya çalıştı. Bu yorum, bir kuantum sisteminde gözlem yapma ediminin, dalga fonksiyonunun tek sonuca "çökme"sine neden olduğunu savunur. Geniş kabul gören bir yorum olarak kalmasına rağmen, birçok teorisyen bu yorumu, dalga fonksiyonunun çökme mekanizması hakkında hiçbir şey açıklamadığı için yetersiz bulmaktadır. Bu durum Schrödinger'in de canını sıkmıştı. Ona göre dünyaya ilişkin her matematiksel formülasyonun nesnel bir gerçekliği olmalıydı. İrlandalı fizikçi John Bell'in dediği gibi, "Schrödinger denkleminin verdiği şekliyle dalga fonksiyonu ya her şeydir ya yanlıştır."

Çoklu dünyalar

Everett'in düşüncesi, kuantum üst üste binmelerine ne olduğunu açıklamaktı. Dalga fonksiyonunun nesnel gerçekliğini varsaydı ve (gözlemlenmeyen) çöküşü kaldırdı –birisi bir ölçüm yaptığı her seferinde doğa neden gerçekliğin belli bir versiyonunu "tercih etsin"? Sonra bir soru daha sordu: Kuantum sistemlerine uygun çeşitli seçeneklere ne olur? Çoklu dünyalar yorumu, bütün olasılıkların aslında gerçekleştiğini söyler. Gerçeklik yeni dünyalara ayrılır ya da bölünür; ama yalnızca bir sonucun gerçekleştiği dünyada yaşadığımız için, onu görürüz. Diğer olası sonuçlar bizim için erişilmezdir; çünkü dünyalar arasında girişim olamaz ve bir şeyi ölçtüğümüz seferinde bir şeyin kaybolduğunu düşünme yanılgısına düşeriz.

Everett'in teorisi herkes tarafından kabul edilmez; ama kuantum mekaniğini yorumlamanın önündeki teorik bir engeli de kaldırır. Çoklu dünyalar yorumu paralel evrenlerden söz etmez; ama mantıksal öngörüsü odur. Test edilemez olmakla eleştirilmektedir; ama bu durum değişebilir. "Eşevresizlik" olarak bilinen bir etki –bu etkiyle kuantum nesneler kendi binişme bilgilerini "sızdırır"– çoklu dünyalar yorumunun işe yaradığını kanıtlayabilecek bir mekanizmadır. ▪

Hugh Everett III

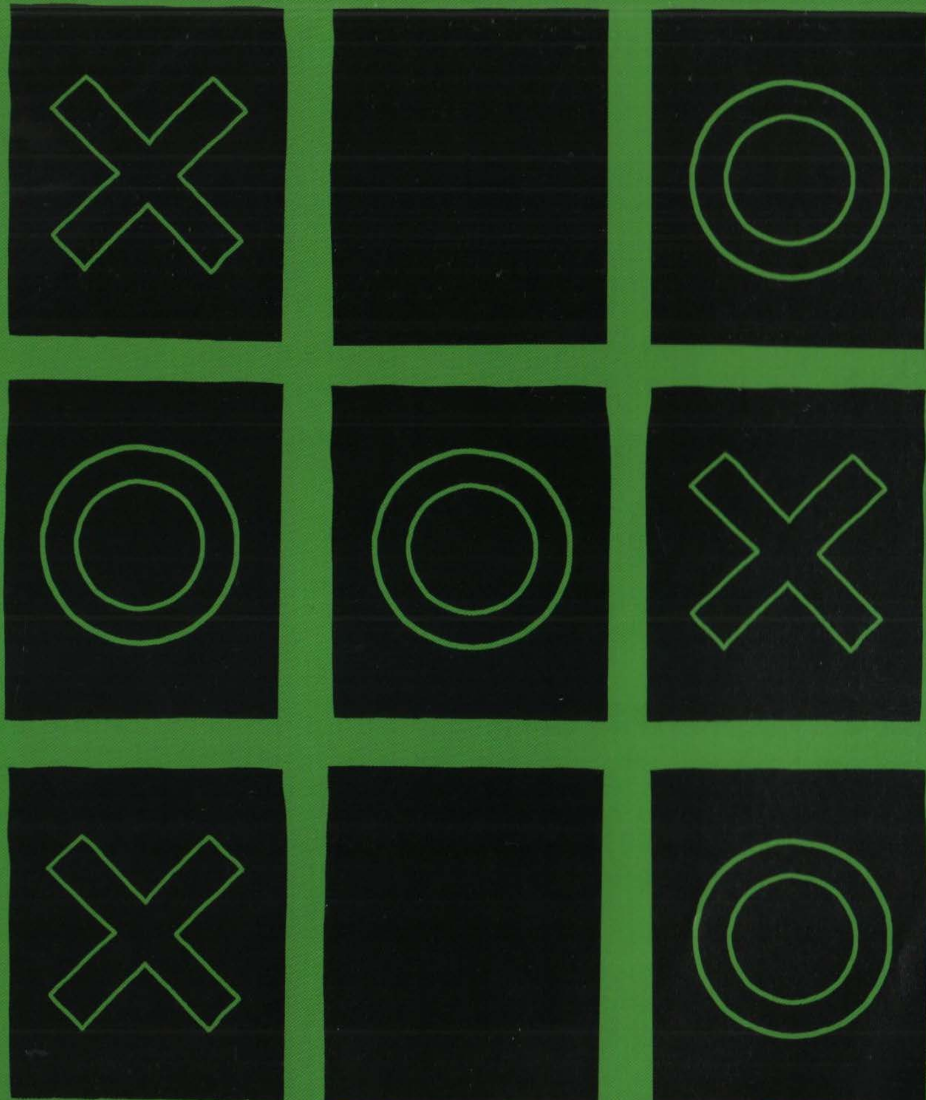
Washington DC'de doğan Hugh Everett erken gelişen bir çocuktu. 12 yaşında Einstein'a mektup yazıp, evreni bir arada tutanın ne olduğunu sordu. Princeton'da matematik okurken, fiziğe sürüklendi. Çoklu dünyalar yorumu – kuantum mekaniğinin kalbindeki bilmeceye yanıtı– 1957'de doktora tezinin konusuydu ve çoklu-evrenler öneriyor diye teşhir edilmesine yol açtı. 1959'da düşünceyi Niels Bohr'la tartışmak için Kopenhag'a yaptığı ziyaret bir felaket oldu –Bohr, Everett'in söylediği her şeyi reddetti. Cesareti kırılan Everett fiziği terk edip ABD savunma sanayine geçti; ama bugün çoklu dünyalar yorumu, kuantum teorisinin ana akım yorumlarından biri sayılır – 51 yaşında ölen alkolik Everett için çok geç. Ömrü boyunca ateist olan Everett küllerinin çöple birlikte atılmasını istedi.

Önemli eserleri

1956 *Wave Mechanics Without Probability*
1956 *The Theory of the Universal Wave Function*

KUSURSUZ BİR SIFIRLAR VE ÇARPILAR OYUNU

DONALD MICHIE (1923 – 2007)



KISACA

BİLİM DALI
Yapay zekâ

ÖNCE
1950 Alan Turing makine zekâsını ölçmek için bir test önerir (Turing Testi)).

1955 Amerikalı programcı Arthur Samuel, oynamayı öğrenen bir program yazarak dama oynama programını iyileştirir.

1956 Amerikalı John McCarthy "yapay zekâ" terimini icat eder.

1960 Amerikalı psikolog Frank Rosenblatt, deneyimle öğrenen sinir ağlı bir bilgisayar yapar.

SONRA
1968 Amerikalı Richard Greenblatt, iyi bir beceri düzeyine ulaşan ilk satranç programı MacHack'ı yaratır.

1997 Dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov, IBM'in Deep Blue bilgisayarına yenilir.

1961'de bilgisayarlar bir oda büyüklüğündeydi. Mini bilgisayarlar 1965'e kadar gelmeyecekti ve bugün bildiğimiz şekliyle mikroçiplerin gelmesine daha yıllar vardı. Bilgisayar donanımının büyümesi ve uzmanlaşmasıyla birlikte, Britanyalı araştırmacı bilim insanı Donald Michie, makine öğrenmesi ve yapay zekâ üzerine küçük bir proje için basit fiziksel nesneler kullanmaya karar verdi – kibrit kutuları ve cam boncuklar. Basit bir iş seçti – üçtaş oyunu olarak da bilinen sıfırlar ve çarpılar, ya da kendi ifadesiyle "tit-tat-to" oyunu. Sonuç, Matchbox Educable Noughts And Crosses Engine (MENACE –Kibrit Kutusundan Eğitilebilir Sıfırlar Ve Çarpılar Motoru) oldu.

Michie'nin esas MENACE versiyonu, çekmeceli dolap şeklinde birbirine yapıştırılmış 304 kibrit kutusundan oluşmaktaydı. Her kutunun üzerinde bir kod numarası bir cizelgeye giriliyordu. Çizelge, 3x3 oyun ızgarasının çizimlerini sergilemekteydi; ızgaranın, oyun ilerledikçe olası yerleşim permütasyonlarına karşılık gelen çeşitli O_s ve X_s düzenlemeleri vardı.



> Makineler düşünebilir mi? Kısa yanıtı şudur: 'Evet; bir insan tarafından yapıldığında düşünme dediğimiz şeyi yapabilen makineler vardır.
> **Donald Michie**

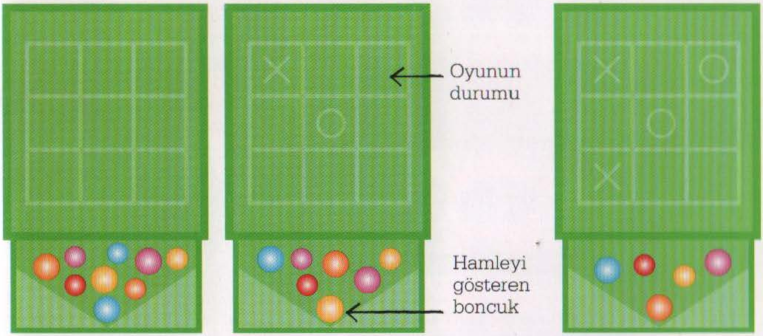
Fiilen 19.683 olası yerleşim kombinasyonu vardır; ama bazıları döndürülünce başka kombinasyonlar verebilir ve bazıları birbirinin ayna imgesidir ya da simetrisidir. Bu durum 304 permütasyonu yeterli bir işler sayı haline getirmekteydi.

Her kibrit kutusunda, renklerine göre ayırt edilen dokuz farklı türden boncuk vardı. Her boncuk rengi, dokuz kareden belli birine kendi 0'ını koyan MENACE'a karşılık gelmekteydi. Örneğin yeşil bir boncuk, sol alt karede bir 0 demekti, kırmızı bir boncuk orta karede 0'ı göstermekteydi ve benzeri.

Oyunun mekaniği

MENACE ızgarada hiçbir 0 ya da X yokken kibrit kutusunu kullanarak oyunu başlatmaktaydı –"ilk hamle" kutusu. Her kibrit kutusunun tepsisinde, bir ucunda bir "V" şeklini oluşturan fazladan iki parça kart vardı. Oynamak için tepsi kutudan çekilir, V alt uca gelecek şekilde sallanır ve çevrilirdi. Boncuklar rastgele yuvarlanır ve biri V'nin ucuna yerleşirdi. Bu şekilde seçilen bu boncuğun rengi, MENACE'ın ilk 0'ının ızgaradaki konumunu belirliyordu. Sonra bu

Ayrıca bkz. Alan Turing 252–53



MENACE'deki 304 kibrit kutusunun her biri oyun tahtasının olası bir durumunu temsil etmekteydi. Kutuların içindeki boncuklar o durum için olası her hamleyi temsil etmekteydi. "V"nin ucundaki boncuk hamleyi belirliyordu. Oyun devam ettikçe, kazanan boncuklar takviye ediliyor, kaybedenler çıkarılıyor, MENACE'ın kendi deneyiminden öğrenmesine olanak veriliyordu.

boncuk bir tarafa bırakılır ve tepsi kutusuna yeniden yerleştirilirdi, ama hafif açık bırakılırdı. Sonra rakipler kendi ilk X'sini konumlandırıyordu. MENACE'ın ikinci turu için, o sırada X ve 0'ın ızgaradaki konumlarına karşılık gelen kibrit kutusu seçiliyordu. Tekrar kibrit kutusu açılıyor, tepsi sallanıyor ve rastgele seçilen boncuğun rengi MENACE'ın ikinci 0'ının konumunu belirliyordu. Rakipler kendi ikinci X'sini yerleştiriyordu. Bu şekilde, MENACE'ın boncuk ve dolayısıyla hamle dizilişi kaydedilirdi.

Kazan, kaybet, berabere

Sonunda bir sonuç çıkıyordu. MENACE kazandığında, takviye ya da bir "ödül" alıyordu. Kaldırılmış boncuklar kazanan hamlelerin dizilişini gösteriyordu. Bu boncuklardan her biri, kod numarasıyla ve hafif açık tepsisiyle saptanan kutusuna geri konuluyordu. Tepsi de aynı renkten fazladan üç "bonus" boncuk alıyordu. Sonuç olarak, gelecek bir oyunda ızgarada aynı O ve X permütasyonu gerçekleştiğinde, bu kibrit kutusu tekrar oyuna girecekti –daha önce kazanmasına yol açan boncuklardan daha fazla sahipti. O boncuğu ve dolayısıyla aynı hamleyi seçme ve tekrar kazanma şansı artmaktaydı.

MENACE kaybettiğinde, kaybeden hamle dizisini temsil eden çıkarılmış boncukları geri almayarak "cezalandırılırdı." Ama bu yine de olumluydu. Gelecek oyunlarda, aynı X ve 0 permütasyonu ortaya çıktığında, önceki oyunla aynı hamleleri gösteren boncuklar ya sayı olarak azdır ya da hiç yoktur, bu yüzden yine oyunu kaybetme ihtimali azalır.



Collosus, dünyanın ilk elektronik programlanabilir bilgisayarı, 1943'te İngiltere'de Bletchley Park'ta kodları kırmak için yapıldı. Bilgisayarı kullanacak personeli Michie eğitti.

Bir beraberlik için, o oyundan her boncuk, küçük bir ödülle, aynı renkten bonus bir boncukla birlikte ilgili kutusuna tekrar yerleştirilirdi. Bu durum, aynı permütasyonun ortaya çıkması durumunda o boncuğun seçilme şansını arttırmaktaydı, ama üç bonus boncukla kazanan kadar değil.

Michie'nin hedefi, MENACE'ın "deneyimden öğrenme"siydi. 0'ların ve X'lerin verili permütasyonları için, belli bir hamle dizisi başarılı olmuşsa, o dizi giderek daha fazla olası olurken, kaybetmeye yol açan hamleler daha az olası olacaktı. Sınama yanılma yoluyla ilerleyecek, deneyime uyarlanacak ve daha fazla oyunla daha başarılı olacaktı.

Değişkenleri kontrol etmek

Michie potansiyel sorunlara dikkate aldı. Bir tepsiden seçilen boncuk, MENACE'ın 0'ının bir 0 ya da X tarafından zaten işgal edilmiş bir kareye yerleştirilmesini buyurursa ne olacak? Michie her kibrit kutusunun tikel permütasyonu için boş karelere denk boncuk içermesini sağlayarak bunu halletti. Bu

şekilde, sol üstte 0 ve sağ altta X permütasyonu için kutu, sonraki 0'ı bu karelere yerleştiren boncuğu içermiyordu. Michie, her kutuya dokuz olası 0 konumunun tümü için boncuk yerleştirmenin "sorunu gereksiz yere karmaşıklaştıracağını" düşündü. Yani MENACE yalnızca kazanmayı ya da berabere kalmayı öğrenmeyecekti, ilerlerken kuralları da öğrenmek zorunda kalacaktı. Bu tür başlangıç koşulları, bütün sistemi çökerten bir ya da iki erken felakete yol açabilirdi. Bu durum bir ilkeyi gösterdi: Makine öğrenmesi basitten başlar ve giderek daha fazla incelik ekler.

Michie, MENACE kaybettiğinde, son hamlesinin yüzde 100 ölümcül hamle olduğuna da işaret etti. Önceki hamle, makineyi adeta köşeye sıkıştırarak oyunun kaybedilmesine katkıda bulundu, ama çok da değil – genellikle yenilgiden kurtulma olasılığını açık bırakırdı. Oyunun başlangıcına doğru geri giderken, her bir önceki hamle nihai yenilgiye daha az katkıda bulundu – yani hamleler biriktikçe, her birinin son hamle olma olasılığı artar. Bu nedenle toplam hamle sayısı arttıkça, ölümcül olan tercihlerden kurtulmak daha önemli olur. Michie her hamle için farklı sayıda boncuğa sahip olarak bunu canlandırdı. Böylece MENACE'ın ikinci hamlesi için (üçüncü hamle son), oyuna çağrılabilecek her kutunun – ızgarada bir 0 ve bir X hazır permütasyonu olanların– her boncuk türünden üç tane boncuğu olurdu. MENACE'nin üçüncü hamlesi için, her türden üç boncuk ve dördüncü hamle için (yedinci hamle son) yalnızca bir boncuk olurdu. Dördüncü hamlede ölümcül bir tercih, ızgarada o konumu belirleyen tek boncuğun kaldırılmasıyla sonuçlanırdı. Bu boncuksuz, aynı durum gerçekleşemezdi.

> “Uzman bilgisi sezgiseldir; uzman için erişilebilir olması zorunlu değildir.”
> **Donald Michie**

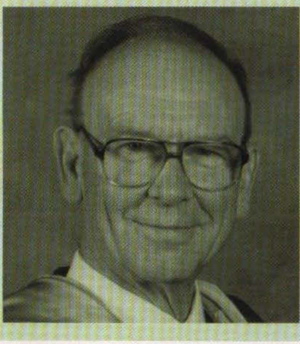
İnsana karşı MENACE

Sonuç ne oldu? Michie, 220 oyunluk bir turnuvada MENACE'ın ilk rakibi oldu. MENACE sallantılı başladı, ama hemen toparladı ve çoğunlukla berabere kaldı; sonra birkaç oyun da kazandı. Karşı durmak için Michie güvenli hamlelerden uzaklaşıp, alışılmadık stratejiler kullanmaya başladı. MENACE'ın uyum göstermesi zaman aldı, ama sonra bunlarla da başa çıkmaya başladı, tekrar daha fazla berabere kalmayı ve sonra oyun almayı başardı. 10 oyunluk bir seride bir noktada Michie sekizini kaybetti.

MENACE makine öğreniminin ve değişen değişkenlerin sonucu nasıl etkileyebildiğinin bir örneğini verdi. Michie'nin MENACE tasviri, aslında, makinenin performansını deneme yanılma yoluyla hayvan öğrenimiyle karşılaştırmaya geçen uzun bir anlatımın parçasıydı. Michie'nin açıkladığı gibi:

"Esasında hayvan az çok rastgele hareketler ve seçimler yapar, daha sonra 'istenilen' sonucu verenleri tekrarlar. Bu açıklama, kibrit kutusu modeli için biçilmiş

Donald Michie



1923'te Burma'da (Myanmar), Rangoon'da doğan Michie 1942'de Oxford'da bir burs kazandı; ama Oxford yerine, Bletchley Park'ta şifre kırma ekiplerine katılarak savaş çabalarına yardım etti, bilişim öncüsü Alan Turing'in yakın arkadaşı oldu.

1946'da Oxford'ta dönüp memeli genetiği okudu. Ne var ki, yapay zekâya ilgisi giderek arttı ve 1960'lara gelindiğinde, ana uğraşı haline gelmişti. 1967'de Edinburg Üniversitesine geçti ve Makine Zekâsı ve Algısı Bölümünün ilk başkanı oldu. Görsel-etkin, öğretilebilir araştırma robotlarının FREDDY serisinde çalıştı. Ayrıca bir dizi itibarlı yapay zekâ projesini yönetti ve Glasgow'da Turing Enstitüsünü kurdu.

Michie aktif araştırmacılığını seksenli yaşlarına kadar sürdürdü. 2007'de Londra'da bir trafik kazasında öldü.

Önemli eserleri

1961 *Trial and Error*



kaftan gibidir. Gerçekten de, MENACE bir sınama ve yanılma yoluyla öğrenme modelini o kadar katışıksız bir biçimde oluşturur ki, diğer öğrenme kategorilerinin öğelerini sergilediğinde, sınama ve yanılma bileşenine bulaştıklarından haklı olarak kuşkulanabiliriz."

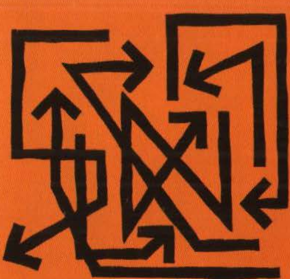
Dönüm noktası

Donald Michie MENACE'ı geliştirmeden önce biyoloji, cerrahi, genetik ve embriyoloji alanında önemli araştırmalar yapmıştı. MENACE'tan sonra hızla gelişmekte olan yapay zekâ alanına geçti. Makine öğrenimi düşüncelerini, montaj bantları, fabrika üretimi ve çelik fabrikalarını da kapsayan yüzlerce durumda uygulanan "sınai-güç aletleri"ne dönüştürdü. Bilgisayarlar yaygınlaşınca, kendilerini yapan insanların herhalde tahmin bile etmediği biçimde öğrenebilen bilgisayar programları ve kontrol yapıları tasarlamada Michie'nin yapay zekâ çalışmaları kullanıldı. Michie, dikkatli insan zekâsı uygulamasının makinelere kendilerini daha akıllı yapma gücü verdiğini gösterdi. Yapay zekâ alanındaki son gelişmeler benzer ilkeleri kullanıp, hayvan beyninin sinir ağlarını yansıtan ağlar geliştirmektedir.

Michie hatırlama işlevini de tasarladı; buna göre bir makinede ya da bilgisayarda her girdi kümesinin sonucu bir hatırlatıcı ya da "not" olarak depolanır. Aynı girdi kümesi tekrarlanırsa, aygıt hatırlatıcıyı derhal etkinleştirir ve yanıtı hatırlar, böylece yeniden işlem yapmayarak zaman ve kaynak tasarrufu sağlar. POP-2 ve LISP gibi bilgisayar programlama dillerine hatırlama tekniği katkısında bulundu. ■

Yeni bilgisayar teknolojisi yapay zekâda hızlı bir gelişmeye yol açtı ve 1997'de satranç makinesi Deep Blue dünya şampiyonu Garry Kasparov'u yendi. Bilgisayar, geçmişteki binlerce oyunu analiz ederek stratejiyi öğrendi.

> Kafasında denemek istediği bu kavram vardı ki, bilgisayar satrancını çözebileceğini düşündü... Bu, kalıcı bir duruma ulaşma düşüncesiydi.
> **Kathleen Spracklen**



TEMEL KUVVETLERİN BİRLİĞİ

SHELDON GLASHOW (1932–)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE

1820 Hans Christian Ørsted, manyetizma ile elektriğin aynı görüngünün veçheleri olduğunu keşfeder.

1864 James Clerk Maxwell elektromanyetik dalgaları bir denklem kümesiyle açıklar.

1933 Enrico Fermi'nin beta bozunumu teorisi, zayıf kuvveti tarif eder

1954 Yang-Mills teorisi, dört temel kuvvetin birliğinin matematiksel temelini atar.

SONRA

1974 Dördüncü bir kuark türü, "tılsım" kuarkı, keşfedilir, maddenin yeni bir temel yapısı ortaya çıkar.

1983 CERN'in İsviçre'deki Süper Proton Hızlandırıcısında kuvvet taşıyan W ve Z bozonları keşfedilir.

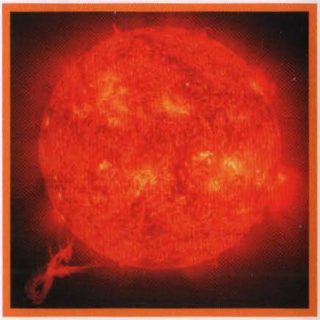
Doğanın kuvvetleri ya da temel kuvvetler düşüncesi, en azından eski Yunanlara kadar geri gider. Şu anda fizikçiler dört temel kuvveti kabul eder – kütleçekim, elektromanyetizma ve iki nükleer kuvvet, bir atomun çekirdeği içinde atom-altı parçacıkları bir arada tutan zayıf ve yeğin etkileşimler. Zayıf kuvvet ile elektromanyetik kuvvetin tek bir "elektrozayıf" kuvvetin farklı tezahürleri olduğunu biliyoruz. Bunun keşfedilmesi, dört kuvvet arasındaki ilişkiyi açıklayacak bir "Her Şeyin Teorisi"ni bulma yolunda önemli bir adımdı.

Zayıf kuvvet

Zayıf kuvvet ilk kez beta bozunumu, çekirdeğin içinde bir nötronun bir protona dönüşüp, süreçte elektronlar ya da pozitronlar yaydığı bir nükleer ışıma tipini açıklamak için düşünüldü. 1961'de Harvardta lisans öğrencisi Sheldon Glashow'a, zayıf ve elektromanyetik etkileşim teorilerini birleştirme görevi verildi. Glashow'un buna gücü yetmedi; ama zayıf kuvvet üzerinden etkileşime aracılık eden kuvvet-taşıyıcı parçacıkları tarif etti.

Kurye parçacıklar

Kuantum mekaniksel alan tasvirinde bir kuvvet, foton gibi elektromanyetik etkileşimi taşıyan bir ayar bozonunun verişimiyle "hissedilir." Bir bozon bir parçacık tarafından yayılır ve ikinci bir parçacık tarafından emilir. Normal olarak, bu etkileşimle her iki parçacık da köklü olarak değişmez –bir elektron bir foton soğurduktan ya da yaydıktan sonra hâlâ bir elektrondur. Zayıf kuvvet bu simetriyi bozarak, kuarkları (protonları ve nötronları oluşturan parçacıklar) bir türden diğerine



Zayıf kuvvet aracılığıyla parçacık bozunumu, güneşin hidrojeni helyuma dönüştüren proton-proton füzyon reaksiyonunu harekete geçirir. Bunsuz güneş parlamaz.

Ayrıca bkz: Marie Curie 190–95 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ Peter Higgs 298–99 ▪ Murray Gell-Mann 302–07

"Her Şeyin Teorisi" temel kuvvetlerin birliğine ilişkin bir açıklama önerir.

↓

Büyük Patlamadan hemen sonra çok yüksek sıcaklıklarda, dört kuvvetin tek **"süperkuvvet"** olarak birleştiği öne sürülür.

↓

Yaklaşık 10^{32}K'lık bir sıcaklıkta **kütleçekim** kuvveti diğer kuvvetlerden ayrıldı.

↓

Yaklaşık 10^{27}K'da **yeğin nükleer kuvvet** ayrıldı.

↓

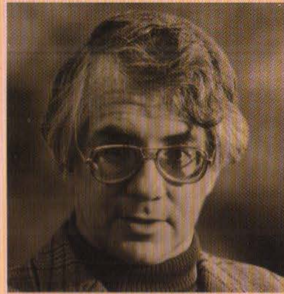
Yaklaşık 10^{15}K'da **elektromanyetik kuvvet ve zayıf kuvvet** ayrıldı.

dönüştürür. Peki ne tür bozon söz konusu olabilirdi? Glashow'un tahminine göre, zayıf kuvvetle bağlantılı bozonlar görece kütleli olmak zorundaydı, çünkü kuvvet küçük aralıklarda etkili olur ve ağır parçacıklar uzağa gitmez. İki adet yüklü bozon, W+ ve W– , ve bir adet de yüksüz Z bozonu önerdi. W ve Z kuvvet taşıyıcıları 1983'te CERN'in parçacık hızlandırıcıları tarafından saptandı.

Birleştirme

1960'larda birbirinden bağımsız çalışan iki fizikçi, Amerikalı Steven Weinberg ve Pakistanlı Abdus Salam, Higgs alanını (s. 298-99) Glashow'un teorisiyle bütünleştirdi. Ortaya çıkan Weinberg-Salam modeli ya da birleşik elektrozayıf teori, zayıf etkileşim ile elektromanyetik kuvveti tek bir kuvvet olarak bir araya getirdi.

Bu çok şaşırtıcı bir sonuçtu; çünkü zayıf kuvvet ile elektromanyetik kuvvet tamamen farklı alanlarda etkili olur. Elektromanyetik kuvvet görünür evrenin kıyısına kadar uzanırken (kuvvet, kütlesiz ışık fotonları tarafından taşınır); zayıf kuvvet bir atom çekirdeğini ancak geçer ve 10 milyon kat daha zayıftır. Birleştirilmeleri şu davetkâr olasılığa kapı açar: Büyük Patlamadan hemen sonraki gibi yüksek enerji koşullarında dört temel kuvvet kaynaşıp tek "süperkuvvet"e dönüşebilir. Böyle bir Her Şeyin Teorisi için kanıt arayışı devam ediyor. ▪



Sheldon Glashow

Sheldon Lee Glashow 1932'de New York'ta Rus-Yahudi göçmenlerin oğlu olarak doğdu. Liseye arkadaşı Steven Weinberg'le birlikte gitti ve 1950'da liseyi bitirdikten sonra, ikisi de Cornell Üniversitesinde fizik okudu. Glashow doktorasını Harvard'ta yaptı; W ve Z bozonlarını ilişkin bir açıklamayı orada önerdi. Harvard'tan sonra 1961'de Berkeley'de California Üniversitesine gitti ve 1967'da Harvard'a fizik profesörü olarak geri döndü.

1960'larda Glashow, Murray Gell-Mann'ın kuark modelini genişletip, "tılsım" olarak bilinen bir özellik ekledi ve dördüncü bir kuark öngördü; öngördüğü kuark 1974'te keşfedildi. Son yıllarda sicim teorisini şiddetle eleştirmektedir; test edilebilir öngörülerden yoksun olduğu için fizikte yeri olmadığını düşünür ve bir "tümör" olarak tarif eder.

Önemli eserleri

1961 *Partial Symmetries of Weak Interactions*
1988 *Interactions: A Journey Through the Mind of a Particle Physicist*
1991 *The Charm of Physics*



KÜRESEL ISINMANIN NEDENİ BİZİZ

CHARLES KEELING (1928–2005)

KISACA

BİLİM DALI
Meteoroloji

ÖNCE
1824 Joseph Fourier, Yerin atmosferinin gezegeni ısıttığını öne sürer.

1859 İrlandalı fizikçi John Tyndall, karbondioksit (CO_2), su buharı ve ozonun ısıyı Yerin atmosferinde tuttuğunu kanıtlar.

1903 İsveçli kimyacı Svante Arrhenius, yanan fosil yakıtların saldığı CO_2'nin atmosferin ısınmasına neden olabileceği öne sürer.

1938 Britanyalı mühendis Guy Callendar, 1890 ile 1935 arasında Yerin ortalama sıcaklığının 0,5°C arttığını rapor eder.

SONRA
1988 Bilimsel araştırmaları değerlendirmek ve küresel politikaya yol göstermek için Hükümetler-arası İklim Değişikliği Paneli (IPPC) oluşturulur.

Karbondioksit, ısıyı Yerin atmosferinde tutan bir **sera gazıdır.**

Havadaki karbondioksit **yoğunlaşması,** fosil yakıt tüketimiyle birlikte **yükseliyor.**

Yerin **sıcaklığı yükseliyor.**

Küresel ısınmanın nedeni biziz.

Atmosferdeki karbondioksit (CO_2) düzeylerinin yalnızca yükselmekle kalmayıp, feci ısınmaya da neden olabileceği, 1950'lerde bilimsel ve kamusal ilgi konusu oldu. Geçmişteki bilim insanları atmosferdeki karbondioksit yoğunlaşmasının bazen değiştiğini, ama her zaman yüzde 0,03 ya milyonda 300 civarında olduğunu varsaymıştı. 1958'de Amerikalı jeokimyacı Charles Keeling geliştirdiği duyarlı bir alet kullanarak CO_2 yoğunlaşması ölçmeye başladı. Onun bulguları, CO_2'in aralıksız yükselişine ve 1970'lerin sonuna gelindiğinde "sera gazı etkisi"nin hızlanmasında insanın rolüne dünyanın dikkatini çekti.

Düzenli ölçümler

Keeling CO_2'i birçok yerde ölçtü: California'da Big Sur, Washington Eyaleti'nde Olympic yarımadası ve Arizona'nın yüksek dağ ormanları. Güney Kutbundaki ve havadan uçakla yapılan ölçümleri de kaydetti. 1957'de Keeling, Hawaii'de Mauna Loa'nın tepesinde deniz seviyesinden 3000 metre yüksekte bir meteoroloji istasyonu kurdu. Keeling istasyonda düzenli olarak

Ayrıca bkz. Jan Ingenhousz 85 ▪ Joseph Fourier 122–23 ▪ Robert FitzRoy 150–55



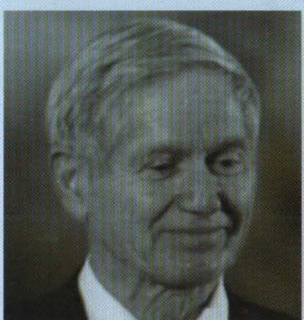
Keeling'in grafiği yıldan yıla atmosferde yükselen CO_2 düzeylerini gösterir. Yıllık küçük dalgalanmalar (mavi çizgiyle gösterilen), bitkilerin emdiği CO_2'teki mevsimlik değişikliklerden kaynaklanır.

karbondioksit düzeyini ölçtü ve üç şey keyfetti.

Birincisi, yerel olarak günlük bir değişme vardı. Yeşil bitkilerin CO_2 soğurmada en aktif oldukları ikindi vakti konsantrasyon asgari düzeydeydi. İkincisi, küresel açıdan yıllık değişme vardı. Kuzey yarımküre bitkilerin yetişmesi için daha fazla karaya sahipti ve bitkilerin büyümediği kuzey kışı sırasında CO_2 düzeyi biraz yükselmekteydi. Mayısta, bitkiler büyümeye ve tekrar CO_2 emmeye başlamadan önce, doruğa çıkmaktaydı. Kuzey bitkilerinin tekrar kış için öldüğü Ekim ayında düzey asgariye iniyordu. Üçüncüsü, yoğunlaşma karşı konulmaz bir biçimde yükseliyordu. Kutup buzu damarları, MÖ 9000'den beri CO_2 yoğunlaşmasının milyonda 275 ile 285 arasında değiştiğini gösteren hava kabarcıkları içermekteydi. 1958'de Keeling milyonda 315 olarak ölçtü; Mayıs 2013'te ortalama konsantrasyon ilk kez milyonda 400'ü aştı. 1958'den 2013'e kadar artış milyonda 85'ti; yani yoğunlaşma 55 yılda yüzde 27 artmıştı. Bu, Yerin atmosferinde CO_2 yoğunlaşmasının artmakta olduğunun ilk somut kanıtıydı. CO_2 bir sera gazıdır, güneşten gelen ısının tutulmasına yardım eder; bu yüzden artan CO_2 yoğunlaşmasının küresel ısınmaya yol açması olasıdır. Keeling'in buldukları şöyleydi: "Güney kutbunda yoğunlaşma yılda yaklaşık milyonda 1,3 oranında artmış... gözlemlenen artış hızı, fosil yakıt yakılmasından beklenene (milyonda 1,4) yakındır." Başka bir deyişle, insanlar nedenin en azından bir parçasıdır. ▪

> Enerji talebinin artacağı kesindir... çünkü sürekli artan nüfus yaşam standartlarını iyileştirmeye çalışıyor.
> **Charles Keeling**

Charles Keeling



Pennsylvania'da Scranton'da doğan Charles Keeling, bir bilim insanı olmanın yanı sıra yetenekli bir piyanistti de. 1954'te California Teknoloji Enstitüsünde (Caltech) jeokimya dalında öğretim görevlisiyken, atmosfer örneklerinde karbondioksit ölçmek için yeni bir alet geliştirdi. Caltech'te olasılıkla trafikten ötürü yoğunlaşmanın saatten saate değiştiğini gördü; bunun üzerine, Big Sur'da bakir doğada kamp kurmaya gitti ve orada da küçük, ama anlamlı değişmeler bulguladı. Bu, bir ömrün işi olacak çalışmaya başlamasına esin kaynağı oldu. 1956'da California'da La Jolla'daki Scripps Oşinografi Enstitüsüne girdi ve 43 yıl orada çalıştı.

2002'de Keeling, Amerika'nın en büyük yaşam boyu başarı ödülü olan Ulusal Bilim Madalyasını aldı. Ölümünden sonra, atmosferi izleme işini oğlu Ralph devraldı.

Önemli eserleri

1997 *Climate Change and Carbon Dioxide: An Introduction*



KELEBEK ETKİSİ

EDWARD LORENZ (1917–2008)

KISACA

BİLİM DALI
Meteoroloji

ÖNCE
1687 Newton'ın üç hareket yasası, Evrenin öngörülebilir olduğunu savunur.

1880'ler Henri Poincaré, kütleçekimsel olarak etkileşen üç ya da daha fazla cismin deviniminin genellikle kaotik ve öngörülemez olduğunu gösterir.

SONRA
1970'ler Araba ve uçak tasarımında ve trafik akışını, sayısal şifrelemeyi, işlevi modellemek için kaos teorisi kullanılır.

1979 Benoît Mandelbrot, çok basit kurallar kullanılarak ne kadar karmaşık örüntü yaratılabileceğini gösteren Mandelbrot kümesini keşfeder.

1990'lar Kaos teorisi, karmaşık doğal görüngüleri açıklamaya çalışan karmaşıklık biliminin bir altkümesi sayılır.

Bilim tarihinin çoğu, sistemlerin davranışını öngören basit modeller geliştirmeye adandı. Doğada gezegen devinimi gibi belli olgular bu şemaya kolayca uyar. Başlangıç koşullarının -bir gezegenin kütlesi, konumu, hızı ve benzeri- bir tasviriyle, gelecek konfigürasyonlar hesaplanabilir. Ne var ki, kıyıya vuran dalgalar, bir mumdan yükselen duman ya da hava



Ayrıca bkz. Isaac Newton 62–69 ▪ Benoît Mandelbrot 316

durumu örüntüleri gibi birçok sürecin davranışı kaotiktir ve öngörülemez. Kaos teorisi bu tür öngörülemez görüngüleri açıklamaya çalışır.

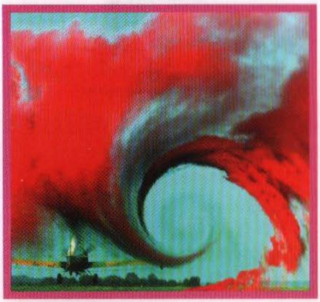
Üç cisim problemi

Kaos teorisine doğru ilk adımlar 1880'lerde, Fransız matematikçi Henri Poincaré "üç cisim problemi" üzerinde çalışınca atıldı. Poincaré bir yıldızın etrafında dönen bir uydulu bir gezegen –bir yer-ay-güneş sistemi– için, kararlı bir yörünge çözümünün olmadığını gösterdi. Cisimler ararsıdaki kütleçekimsel etkileşimin hesaplanamayacak kadar karmaşık olmasının yanı sıra, Poincaré başlangıç koşullarında çok küçük farklılıkların büyük ve öngörülemez değişikliklerle sonuçlandığını da bulguladı. Ne var ki, çalışmaları büyük ölçüde unutuldu.

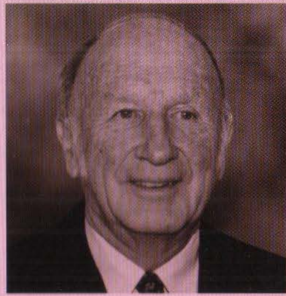
Sürpriz bir keşif

Bilim insanlarının hava durumunu öngörmek için yeni, güçlü bilgisayarlar kullanmaya başladığı 1960'lara kadar bu alanda çok az yeni gelişme oldu. Zamanın bilim insanlarına göre, verili bir zamanda atmosferin durumuyla ilgili yeterli veri ve bu verileri işleyecek yeterince güçlü bilgisayarlar göz önüne alındığında, hava sistemlerinin nasıl geliştiğini bilmek olanaklı olmalıydı. Daha büyük bilgisayarların öngörü aralığını arttıracağı varsayımı üzerinde çalışan Edward Lorenz, Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) çalışan bir Amerikalı, yalnızca üç basit denklemi gerektiren simülasyonları test etti. Her seferinde aynı başlangıç durumunu girip aynı sonuçları görme beklentisiyle, simülasyonu birçok kez tekrarladı. Bilgisayar her seferinde çok farklı sonuçlarla geri dönünce, Lorenz şaşkına döndü. Rakamlarını tekrar kontrol edince, programın sayıları altı ondalık basamaktan üç ondalık basamağa yuvarladığını bulguladı. Başlangıç durumundaki bu çok küçük değişiklik, sonuç üzerinde büyük bir etki yaratmıştı. Başlangıç koşullarına bu hassas bağımlılığa "kelebek etkisi" adı verildi – sistemde, Brezilya'da kanat çırpan bir kelebeğin hareket ettirdiği bir çay kaşığı hava molekülü gibi küçük bir değişikliğin, zaman içinde büyüyüp Texas'ta bir kasırga gibi öngörülemez sonuçlar yaratabildiği düşüncesi.

Edward Lorenz öngörülebilirliğin sınırlarını tanımladı; olacakları bilmenin olanaksızlığının, aslında, kaotik bir sistemi yöneten kuralların içinde yazılı olduğunu açıkladı. Yalnızca hava durumu değil, birçok gerçek-dünya sistemi de kaotiktir – trafik sistemleri, borsa dalgalanmaları, akışkanların ve gazların akışı, galaksilerin büyümesi– ve bunların hepsi kaos teorisi kullanılarak modellenmiştir. ■



Burada, bir uçağın kanatlarından sonra kalan bir burgacın ucunda türbülans oluşur. Bir sistemin türbülans yarattığı hassas noktanın araştırılması, kaos teorisinin gelişmesinin anahtarıydı.



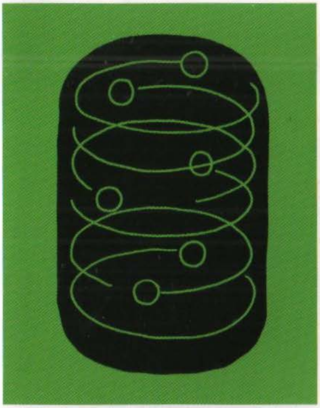
Edward Lorenz

1917'de Connecticut'ta West Hartford'da doğan Edward Norton Lorenz, 1940'ta Harvard'ta matematik dalında yüksek lisans diploması aldı. II. Dünya Savaşı sırasında meteorolog olarak hizmet etti; ABD hava kuvvetleri için hava durumu tahminlerinde bulundu. Savaştan sonra Massachusett Teknoloji Enstitüsünde (MIT) meteoroloji okudu.

Lorenz, başlangıç koşullarına hassas bağımlılığı tesadüfen keşfetti –ve bu, bilimde büyük "evreka" anlarından biriydi. Hava sistemlerinin basit bilgisayar simülasyonlarını yürütürken, neredeyse özdeş başlangıç koşulları girildiği halde modelinin çok farklı sonuçlar verdiğini bulguladı. 1963'te çığır açan makalesi, kusursuz hava durumu öngörüsünün boş hayal olduğunu gösterdi. Lorenz bütün ömrü boyunca fiziksel olarak ve akademik açıdan aktif kaldı, 2008'de ölene kadar akademik yazı katkısında bulundu ve yürüyüş yapıp kayak kaydı.

Önemli eserleri

1963 *Deterministic Nonperiodic Flow*



BİR BOŞLUK TAM OLARAK HİÇLİK DEĞİLDİR

PETER HIGGS (1929–)

KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1964 Peter Higgs, François Englert ve Robert Brout, bütün basit ve kuvvet-taşıyan parçacıklara kütle kazandıran bir alan tarif eder.

1964 Üç ayrı fizikçi ekibi yeni bir kütleli parçacığın (Higgs bozonu) varlığını öngörür.

SONRA
1966 Fizikçi Steven Weinberg ve Abdus Salam Higgs alanını kullanıp, elektrozayıf teoriyi formüle eder.

2010 CERN'in Büyük Hadron Çarpıştırıcısı tam güce erişir. Higgs bozonu arayışı başlar.

2012 CERN'deki bilim insanları, Higgs bozonunun tarifine uyan yeni bir parçacık keşfedildiğini duyurur.



2012'nin büyük bilimsel olayı, İsviçre'de CERN'de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda çalışan bilim insanlarının yeni bir parçacık bulunduğunu ve bunun, anlaşılmaz Higgs bozonu olabileceğini duyurmasıydı. Higgs bozonu Evrendeki her şeye kütle kazandırır ve fiziğin standart modelini tamamlayan kayıp parçadır. Varlığı 1964'te altı fizikçi tarafından varsayılmıştı ve onlardan biri de Peter Higgs'ti. Higgs bozonunun bulunması temel

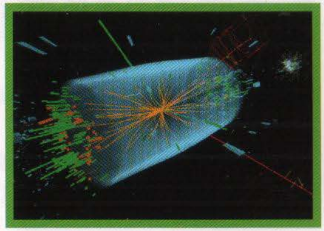
Ayrıca bkz. Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Georges Lemaître 242–45 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Sheldon Glashow 292–93

önemdeydi; çünkü "kuvvet taşıyan bazı parçacıklar kütleliyken bazıları neden kütlesizdir?" sorusuna yanıt vermekteydi.

Alanlar ve bozonlar

Klasik (kuantum öncesi) fizik elektriksel ya da manyetik alanları, uzaya yayılmış kesintisiz, pürüzsüz değişen kendilikler olarak düşünür. Kuantum mekaniği süreklilik fikrini reddeder; bu yüzden alanlar, kesikli "alan parçacıkları"nın dağılımları haline gelir ve burada, alanın gücü alan parçacıklarının yoğunluğudur. Bir alandan geçen parçacıklar, ayar bozonları denilen "edimsiz" kuvvet-taşıyıcı parçacıkların verişimi yoluyla alandan etkilenir.

Higgs alanı uzayı –hatta bir boşluğu bile– doldurur ve basit parçacıklar onunla etkileşime girerek kütle kazanır. Bu etkinin nasıl gerçekleştiği, bir benzetmeyle açıklanabilir. Kayakçıların ve kar ayakkabılı insanların geçmek zorunda olduğu kalın karla kaplı bir alan düşünün. Her kişinin geçişi, karla ne kadar güçlü "etkileşime" girdiklerine bağlı olarak az çok zaman



Higgs bozonu, doğduğu saniyenin trilyonda biri kadar bir zaman içinde kendini yok eder. Diğer parçacıklar Higgs alanıyla etkileşime girince meydana gelir.

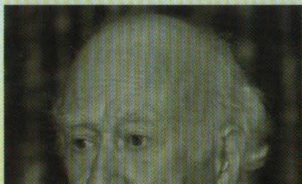
alır. Kayakla kayanlar düşük kütleli parçacıklara benzer; kara batanlar ise, yol alırken daha büyük bir kütle deneyimi yaşar. Fotonlar ve gluonlar –sırasıyla elektromanyetik ve yeğin nükleer kuvvetlerin kuvvet-taşıyıcıları– gibi kütlesiz parçacıklar Higgs alanından etkilenmez ve tarlanın üzerinde uçan kazlar gibi süzülüp giderler.

Higgs avı

1960'larda, Peter Higgs, François Englert ve Robert Brout'un da aralarında bulunduğu altı fizikçi, zayıf kuvvete, W ve Z bozonlarına aracılık eden parçacıklar kütleliyken, protonların ve gluonların kütlesiz olmasının nasıl olduğunu açıklayan "kendiliğinden simetri kırılması" teorisini geliştirdi. Bu simetri kırılması, elektrozayıf teorinin (s. 292-293) formülasyonunda çok önemliydi. Higgs, Higgs bozonunun (daha doğrusu bozonun bozunum ürünleri) nasıl saptanabileceğini gösterdi.

Higgs bozonu arayışı, dünyanın en büyük bilim projesini, Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nı –100 metre yerin altında, çevresi 27 km olan dev bir proton çarpıştırıcısı– doğurdu. Büyük Hadron Çarpıştırıcısı tam hızla çalıştırıldığında, Büyük Patlamadan hemen sonra var olanlara benzer enerjiler üretir –her milyar çarpışmada bir Higgs bozonu yaratmaya yetecek kadar. Zorluk, döküntü sağanağı arasında onun izlerini saptamaktır –ve Higgs bozonu o kadar kütlelidir ki, görününce anında bozunur. Bununla birlikte, yaklaşık 50 yıllık bir bekleyişten sonra, Higgs bozonu sonunda doğrulandı. ■

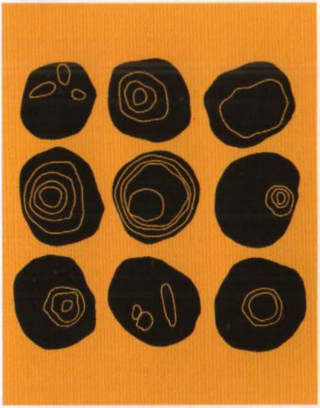
Peter Higgs



1929'da İngiltere'de Newcastle-upun-Tyne'de doğan Peter Higgs Londra'da King's College'da lisans ve doktora diploması aldıktan sonra, kıdemli araştırma görevlisi olarak Edinburgh Üniversitesine girdi. Londra'da kısa bir süre kaldıktan sonra 1960'ta Edinburgh'a döndü. Cairngorm Dağlarında yürürken Higgs'in aklına "tek büyük düşünce"si geldi –bir kuvvet alanının hem yüksek kütleli hem düşük kütleli ayar bozonları üretmesini olanaklı kılacak bir mekanizma. Başkaları da aynı çizgide çalışıyordu; ama bugün Brout-Englert-Higgs alanından değil, Higgs alanından söz ediyoruz; çünkü 1964'teki makalesi, parçacığın nasıl saptanabileceğini tarif etmekteydi. Higgs doktora düzeyinde parçacık fiziği eğitimi almadığı için "yetersiz" olduğunu iddia eder. Bu engel, 1964'teki çalışmalarından ötürü 2013 Nobel Fizik Ödülünü François Englert'le paylaşmasını önlemedi.

Önemli eserleri

1964 *Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons*
1964 *Broken Symmetries and the Mass of Gauge Bosons*



SİMBİYOZ HER YERDEDİR

LYNN MARGULIS (1938–2011)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1858 Alman doktor Rudolf Virchow hücrelerin yalnızca diğer hücrelerden doğduğunu, kendiliğinden oluşmadıklarını öne sürer.

1873 Alman mikrobiyolog Anton de Bary, birlikte yaşayan farklı organizma türleri için "simbiyoz" terimini icat eder.

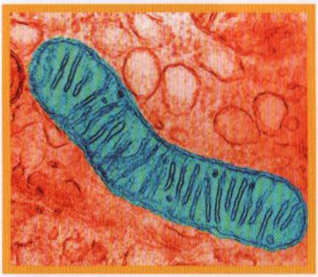
1905 Konstantin Mereschkowski'ye göre kloroplastlar ve çekirdekler bir simbiyoz süreciyle oluştu; ama teorisi kanıttan yoksundur.

1937 Fransız biyolog Edouard Chatton yaşam formlarını hücre yapılarına göre ökaryot (karmaşık) ve prokaryot (basit) olarak ayırır. Teorisi 1962'de yeniden keşfedilir.

SONRA
1970–75 ABD'li mikrobiyolog Carl Woese, kloroplast DNA'nın bakterilerinkine benzer olduğunu keşfeder.

Charles Darwin'in evrim teorisi, 1850'lerde ortaya çıkan ve bütün organizmaların hücrelerden oluştuğunu ve yeni hücrelerin var olan hücrelerden bir bölünme süreciye çoğaldığını iddia eden bir hücresel yaşam teorisiyle örtüştü. Hücrelerin bazı iç bileşenleri de bazıları, besin hazırlayan kloroplastlar gibi, anlaşılan bölünerek çoğalır.

Bu son keşif Rus botanikçi Konstantin Mereschkowski'yi, kloroplastların bir zamanlar bağımsız yaşam formları olabileceği düşüncesine götürdü. Evrim ve hücre biyologları şu soruyu sordu: Karmaşık hücreler nasıl doğdu? Yanıt endosimbiyozdaydı – ilk kez 1905'te Mereschkowski'nin önerdiği, ama Lynn Sagan (daha sonra Margulis) adlı Amerikalı bir biyolog 1967'de kanıtlarını gösterince kabul edilen bir teori.



Mitokondriler, bir ökaryot hücrenin içinde enerji-taşıyan kimyasal adenozin trifosfat (ATP) yapan organellerdir.

Organel denilen iç yapılara – çekirdek (hücreyi kontrol eder), mitokondriler (enerji verir) ve kloroplastlar (fotosentez yapar)– sahip karmaşık hücreler hayvanlarda, bitkilerde ve birçok mikropta bulunur. Şimdi ökaryotik denilen bu hücreler, organellerden yoksun olan ve şimdi prokaryotik denilen basit bakteryel hücrelerden evrildi. Mereschkowski ilkel basit hücre toplulukları hayal etti – bazıları fotosentezle besin yapan, bazıları komşularını avlayan ve bütün olarak yutan. Bazen yutulan hücreler sindirilmeden kaldı ve kloroplast haline geldi – ama kanıtsız olan bu endosimbiyoz (birlikte ve içinde yaşamak) teorisi unutuldu.

Yeni kanıtlar

1930'larda elektron mikroskobunun icadı, biyokimyadaki ilerlemelerle birlikte, biyologların hücrelerin iç işleyişini çözmelerine yardımcı

Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ James Lovelock 315

Hayvanların ve bitkilerin karmaşık hücreleri, en basit **bakteri** hücrelerinde olmayan **organeller** içerir.

→

Organeller –çekirdek, mitokondriler ve kloroplastlar– daha önce var olan organellerin **bölünmesiyle çoğalır.**

↓

Kloroplastların ve mitokondrilerin DNA'sı bakterilerinkine benzer.

←

Bu **organeller** endosimbiyoz sürecinde **bir araya gelmeden önce bağımsız yaşamlar sürüyorlardı.**

↓

Simbiyoz her yerdedir.

oldu. 1950'lere gelindiğinde bilim insanları, yaşam süreçlerini gerçekleştirmenin genetik talimatlarını DNA'nın verdiğini ve kuşaktan kuşağa iletildiğini biliyorlardı. Ökaryotik hücrelerde DNA çekirdekte paketlidir, ama kloroplastlarda ve mitokondrilerde de bulunur.

1967'de Margulis bu keşfi kanıt olarak kullanıp, endosimbiyoz teorisini canlandırıp gerekçelendirdi. Yer yüzeyindeki yaşamın erken tarihinde bir oksijen "toplu kıyımı" olduğunu da öne sürdü. Yaklaşık iki milyar yıl önce fotosentezciler gelişince, dünyayı oksijenle tıka basa doldurdu ve bu durum çevredeki birçok mikrobu zehirledi. Yırtıcı mikroplar, enerji salma süreçlerinde oksijen "emebilen" diğer mikropları yutarak hayatta kaldı. Bunlar, mitokondriler haline geldi: bugün hücrelerin "güç kaynağı." Başlangıçta pek çok biyologa zorlama gibi göründü; ama Margulis'in teorisinin kanıtları giderek ikna edici oldu ve bugün geniş bir çevre tarafından kabul edilmektedir. Örneğin, mitokondrilerin ve kloroplastların DNA'sı yuvarlak hücrelerden oluşur – tıpkı canlı bakterilerin DNA'sı gibi.

İşbirliği yoluyla evrim yeni bir şey değildi: Darwin, nektar-veren bitkiler ile tozlaşma yapan böcekler arasında karşılıklı yarara dayanan etkileşimi açıklamak için bu düşünceyi tasarlamıştı. Ama hücreler yaşamın şafağında kaynaşırken olduğu kadar iç içe –ve kökten– olabileceğini çok az kişi düşünmüştü. ■



Lynn Margulis

Lynn Alexander (sonra Sagan, daha sonra Margulis) 14 yaşında Chicago Üniversitesine girdi; sonra California Üniversitesinde doktorasını yaptı. Organizmaların hücre çeşitliliğine ilgisi, biyolog Richard Dawkins'in "20. yüzyıl evrim biyolojisinin büyük başarılarından biri" olarak tarif ettiği endosimbiyoz teorisini canlandırmasına ve savunmasına yol açtı.

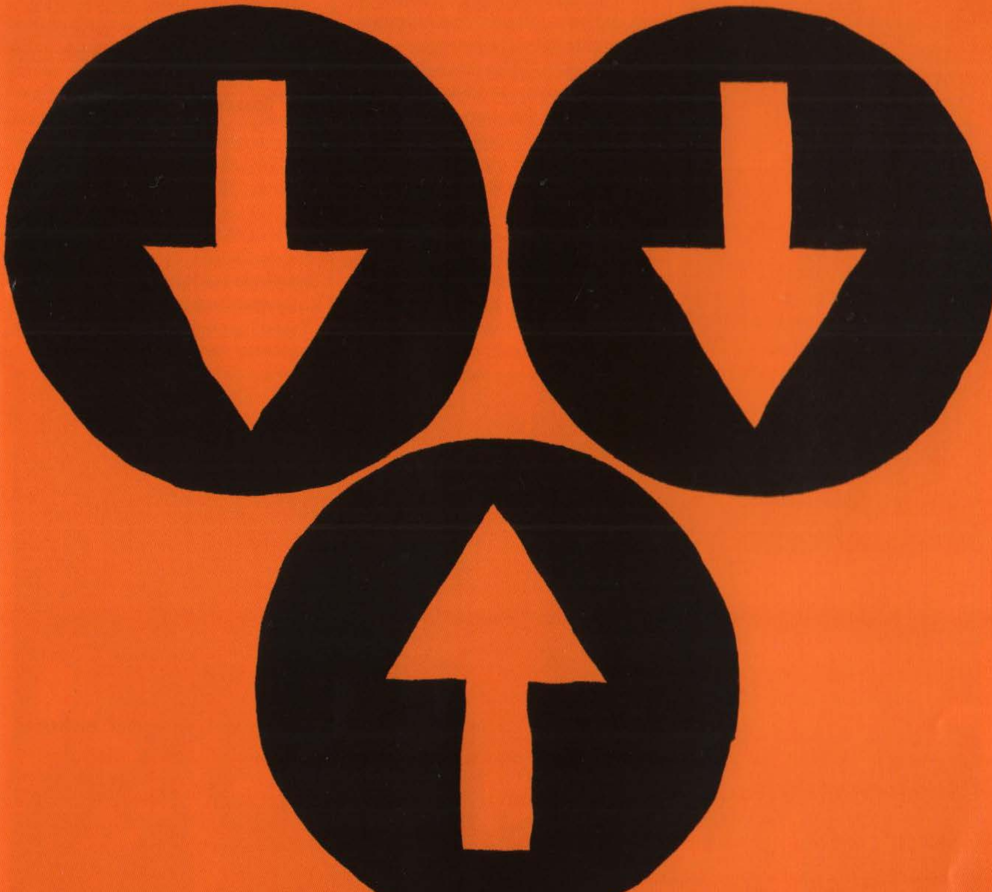
Margulis'e göre işbirlikçi etkileşim evrimde rekabet kadar önemliydi - ve canlıları, kendi kendini düzenleyen sistemler olarak görüyordu. Daha sonra, Yerin de kendi kendini düzenleyen bir organizma gibi görülebileceğini söyleyen James Lovelock'un Gaia hipotezini destekledi. Çalışmalarından ötürü ASD Ulusal Bilim Akademisi üyesi yapıldı ve Ulusal Bilim Madalyası aldı.

Önemli eserleri

1967 *On the Origin of Mitosing Cells*
1970 *Origin of Eukaryotic Cells*
1982 *Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*

KUARKLAR ÜÇER ÜÇER GELİR

MURRAY GELL-MANN (1929–)



KISACA

BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1932 James Chadwick yeni bir parçacık, nötron, keşfeder. Artık bilinen kütleli üç atom-altı parçacık vardır: proton, nötron ve elektron.

1932 İlk karşı-parçacık, pozitron, keşfedilir..

1940'lar–50'ler Giderek daha güçlenen parçacık hızlandırıcılar –yüksek hızlarda parçacıkları çarpıştıran– çok sayıda yeni atom-altı parçacık üretir.

SONRA
1964 Omega (Ω–) parçacığının keşfi kuark modelini doğrular.

2012 Higgs bozonu CERN'de keşfedilir, standart modele ağırlık kazandırır.

Atomun yapısına ilişkin anlayış 19. yüzyılın sonundan itibaren köklü bir biçimde değişti. 1897'de J. J. Thomson cesur bir öneride bulunup, katot ışınlarının atomdan çok daha küçük parçacık akımları olduğunu söyledi; elektronu keşfetmişti. 1905'te, Max Planck'ın ışık kuantumları teorisine ekleme yapan Albert Einstein ışığı, şimdi foton dediğimiz küçük kütlesiz parçacıkların bir akımı olarak düşünmek gerektiğini öne sürdü. 1911'de Thomson'ın koruması altına aldığı Ernest Rutherford bir atomun çekirdeğinin küçük ve yoğun olduğunu, etrafında yörüngede dönen elektronlar bulunduğunu ortaya çıkardı. Bölünmez bir bütün olarak atom imgesi, yok olmuştu.

1920'de Rutherford, en hafif element hidrojenin çekirdeğine proton adını verdi. On iki yıl sonra nötron keşfedildi; protonlardan ve nötronlardan oluşan daha karmaşık bir çekirdek resmi ortaya çıktı. Sonra 1930'larda, kozmik ışınların –süpernova kaynaklı olduğunu düşünülen yüksek enerjili parçacıklar– incelemeleriyle parçacıkların dünyası biraz daha görünür oldu. Araştırmalar yüksek enerjilerle ve dolayısıyla, Einstein'ın kütle-enerji eşdeğerliği ilkesine ($E=mc^2$) göre daha büyük kütlelerle bağlantılı yeni parçacıklar ortaya çıkardı.

> Birkaç basit ve zarif formül yazarak doğanın evrensel düzenliliklerini öngörmek nasıl mümkün olabilir?
> **Murray Gell-Mann**

Atom çekirdeğinin içindeki etkileşimlerin doğasını açıklamaya çalışan bilim insanları 1950'lerde ve 1960'larda, Evrendeki her maddeye kavramsal çerçeve sunan muazzam bir eser külliyatı üretti. Bu sürece birçok kişi katkıda bulundu; ama Amerikalı fizikçi Murray Gell-Mann, temel parçacıkların ve kuvvet-taşıyıcıların taksonomisinin –standart model denilen– inşasında baş rol oynadı.

Parçacık fiziğinin **standart modelini** formüle etmek, teorisyenleri **hadronların** (protonlar ve nötronlar) **kuark** denilen daha küçük parçacıklardan **oluştuğunu** öngörmeye götürür.

Kuarklar, bir parçacık hızlandırıcıda protonlar çarpıştırılarak **saptanır.**

Kuarklar ikişer ve üçer kümelenip, hadronları oluşturur.

Parçacık hayvanat bahçesi

Gell-Mann şu şakayı yapar: Teorik temel parçacık fizikçisinin hedefleri "mütevazıdır" – yalnızca "Evrendeki her maddeyi yöneten temel yasaları" açıklamayı amaçlarlar. Teorisyenler, diyor, "kalem, kâğıt ve çöp sepetiyle çalışır ve bunların en önemlisi de sonuncusudur." Deneycilerin temel aleti ise, parçacık hızlandırıcısı ya da çarpıştırıcısıdır.

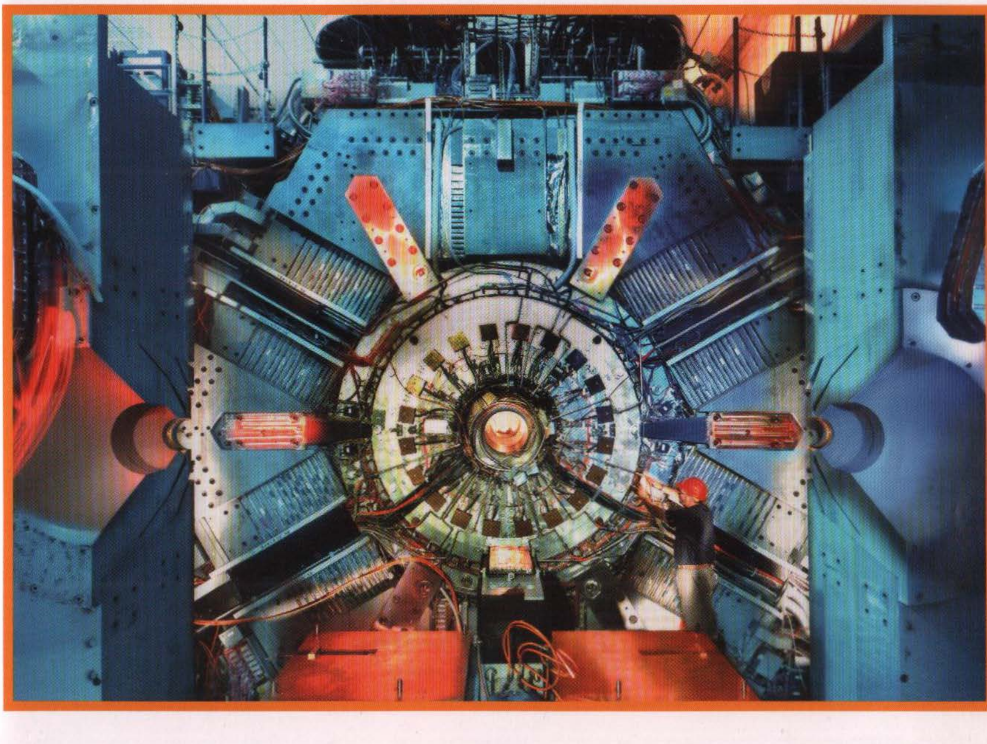
1932'de fizikçiler Ernest Walton ve John Cockcroft Cambridge'da bir parçacık hızlandırıcı kullanarak

Ayrıca bkz. Max Planck 202–05 ▪ Ernest Rutherford 206–13 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Richard Feynman 272–73 ▪ Sheldon Glashow 292–93 ▪ Peter Higgs 298–99

ilk atom çekirdeğini –lityum elementinin– parçaladı. O günden bu güne hep daha güçlü parçacık hızlandırıcılar yapıldı. Bu makineler küçük atom-altı parçacıkları hedeflere ya da birbirlerine çarpmadan önce neredeyse ışık hızında iter. Şimdi araştırmalar teorik öngörülerle yürüyor –en büyük parçacık hızlandırıcı, İsviçre'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) öncelikle teorik Higgs bozonunu (s. 298-99) bulmak için yapıldı. LHC, yapımı 10 yıl alan 27 kilometrelik bir süper iletken mıknatıs tünelidir. Atom-altı parçacıklar arasında çarpışmalar onlara paramparça edip temel birimlerine ayırır. Bazen çıkan enerji, normal koşullarda var olmayan yeni parçacık kuşakları üretmeye yeter. Kısa ömürlü, egzotik parçacık yağmuru, hızla yok olmadan ya da bozunmadan bu yığınları savurur. Ellerindeki enerji sürekli artan araştırmacılar, maddenin doğumundaki –Büyük Patlama– koşullara daha da yaklaşarak maddenin sırlarını vakıf olmayı amaçlıyorlar. Bu süreç, iki saati birbirine vurup paramparça etmek ve ardından kırık parçaları inceleyerek zamanölçerin nasıl çalıştığını anlama çabasına benzetilir.

1953'e gelindiğinde daha yüksek enerjilere ulaşan çarpıştırıcılarla, olağan maddede bulunmayan egzotik parçacıklar havada uçuşuyor gibiydi. Güçlü bir biçimde etkileşime giren 100'den fazla parçacık saptandı; o sırada hepsinin de temel olduğu düşünülüyordu. Bu karma karışık yeni parçacık sirkine, "parçacık hayvanat bahçesi" denildi.

Stanford Doğrusal Hızlandırıcısı
California'da 1962'de inşa edildi ve 3 km uzunluğundadır –dünyada en uzun doğrusal hızlandırıcı. İlk kez 1968'de burada protonların kuarklardan oluştuğu kanıtlandı.

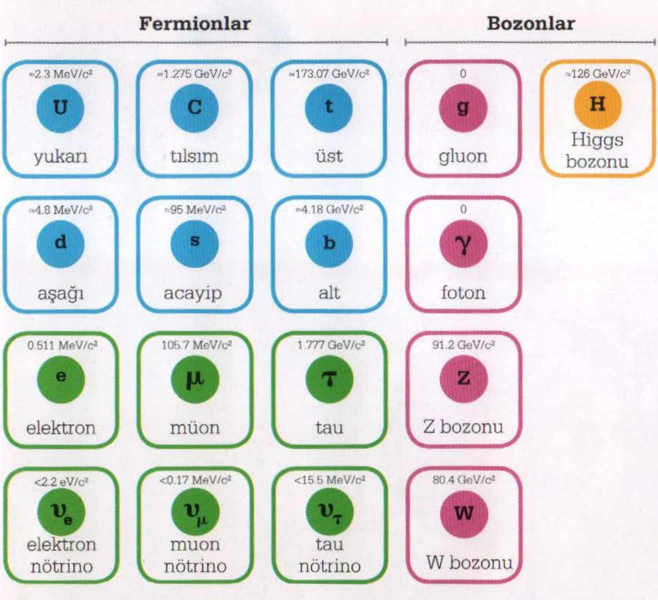


Sekizli yol

1960'lara gelindiğinde bilim insanları parçacıkları, dört temel kuvvetten -kütleçekim kuvveti, elektromanyetik kuvvet, zayıf ve yeğin nükleer kuvvetler- etkilenme şekillerine göre gruplandırmıştı. Kütleli bütün parçacıklar, kütleçekim kuvvetinden etkilenir. Elektromanyetik kuvvet elektrik yüklü her parçacığın üzerinde etkili olur. Zayıf ve yeğin kuvvetler, atom çekirdeğinin içinde bulunan küçük aralıklarda etkili olur. "Hadronlar" denilen, protonları ve nötronları da kapsayan ağır parçacıklar "yeğin bir biçimde etkileşime girer" ve her dört kuvvetten de etkilenir; elektro ve nötrino gibi hafif "leptonlar" yeğin kuvvetten etkilenmez.

Gell-Mann parçacık hayvanat bahçesini, Budizmin Sekiz Aşamalı Yolu'na bir göndermeyle "Sekizli Yol" dediği sekizlik bir düzenleme sistemiyle anlamlandırdı. Kimyasal elementleri periyodik bir tabloda düzenlediğinde Mendeleyev'in yaptığı gibi, Gell-Mann da temel parçacıkları yerleştirdiği, henüz keşfedilmemiş olanların yerini boş bıraktığı bir tablo düşündü. En ekonomik şemayı yapma çabasıyla, hadronların yeni ve henüz görülmemiş temel bir alt-birim içerdiğini önerdi. Ağır parçacıklar artık temel olmadığı için, bu değişiklik temel parçacıkların sayısını idare edilebilir bir sayıya indirdi – hadronlar, artık çoklu temel bileşen kombinasyonlarıdır. Tuhaf isimlere yatkın olan Gell-Mann bu parçacığa, James Joyce'un *Finnegans Wake* romanından geçen bir sözcükten hareketle "kuark" adını verdi.

> Muster Mark'a üç kuark!
> **James Joyce**



Standart model temel parçacıkları özelliklerine göre bir tablo şeklinde düzenler. Modelin öngördüğü Higgs bozonu 2012'de keşfedildi.



Gerçek mi değil mi?

Gell-Mann, bu düşünceyi öneren tek kişi değildi. 1964'te Caltech'te bir öğrenci, Georg Zweig hadronların "ace" dediği dört temel bölümden oluştuğunu öne sürmüştü. CERN dergisi *Physics Letters*, Zweig'in makalesini yayımlamadı; ama aynı yıl daha kıdemli Gell-Mann'ın aynı düşünceyi açıklayan bir tebliğini yayımladı.

Gell-Mann örüntünün altında yatan bir gerçeklik olduğunu öne sürmediği için -yalnızca bir düzenleme şeması öneriyordu- makalesi yayımlanmış olabilir. Ne var ki, bu şema kuarkların –1/3 ve +2/3 gibi kesirli yüklere sahip olmasını gerektirdiği için, yetersiz görünüyordu. Bunlar, yalnızca tam sayılı yüklere izin veren geçerli teori için anlamsızdı. Gell-Mann bu alt-birimlerin gizli, hadronların içine hapsedilmiş kalmalarının bir şey fark ettirmeyeceğini anladı. Öngörülen omega parçacığı (Ω–) –üç kuarktan oluşan– Gell-Mann'ın makalesinin yayımlanmasından

hemen sonra New York'ta Brookhaven Ulusal Laboratuvarında saptandı. Bu durum, Gell-Mann'ın kendisine ve Zweig'e ait kabul edilmesinde ısrar ettiği yeni modeli doğruladı.

Başlangıçta Gell-Mann, kuarkların yalıtılabileceğinden kuşkuluydu. Bununla birlikte, şimdi kuarklarını başlangıçta matematiksel kendilikler olarak görmesine rağmen, kuarkların gerçek olma olasılığını hiçbir zaman dışlamadığını söylemeye çalışıyor. Stanford Doğrusal Hızlandırıcı Merkezi'nde (SLAC) 1967 ile 1973 arasında yapılan deneyler, protonun içindeki sert tanecikli parçacıklara elektron serpip, süreçte kuarkların gerçekliğini ortaya çıkardı.

Standart model

Standart model, Gell-Mann'ın kuark modelinden çıktı. Bu şemada, parçacıklar fermiyonları ve bozonlara ayrılır. Fermiyonlar maddenin yapı taşlarıdır; bozonlar ise kuvvet-taşıyan parçacıklardır.

Fermyonlar iki temel parçacık ailesine bölünür – kuarklar ve leptonlar. Kuarklar ikişer ve üçer gruplar oluşturup hadron denilen kompozit parçacıklar oluşturur. Üç kuarklı-atom-altı parçacıklar, baryon olarak bilinir ve protonları ve nötronları kapsar. Bir kuark ve karşı-kuark çiftten oluşanlara mezon denilir ve pionları ve kaonları kapsar. Toplamda altı kuark "kokusu" vardır – yukarı, aşağı, acayip, tılsım, üst ve alt. Kuarkların tanımlayıcı karakteristiği, "renk yükü" denilen, yeğin kuvvetle etkileşime girmelerine olanak veren bir şey taşıyor olmalarıdır. Leptonlar renk yükü taşımaz ve yeğin kuvvetten etkilenmez. Altı lepton vardır – elektron, müon, tau, elektron nötrino, müon nötrino ve tau nötrino. Nötrinoların elektriksel yükü yoktur ve yalnızca zayıf kuvvetle etkileşime girerler; bu durum, saptanmalarını son derece zorlaştırmaktadır. Her parçacığın, karşılık gelen bir karşı-madde "karşı-parçacığı" vardır.

Standart model atom-altı düzeyde kuvvetleri, "ayar bozonları" olarak bilinen kuvvet-taşıyıcı parçacıkların bir verişiminin sonucu olarak açıklar. Her kuvvetin kendi ayar bozonu vardır: Zayıf kuvvete W^+, W^- ve Z bozonları; elektromanyetik kuvvete fotonlar; kuvvete gluonlar aracılık eder.

Standart model sağlam bir teoridir ve deneyle, özellikle de 2012'de CERN'de bir Higgs bozonunun –diğer parçacıklara kütle kazandıran parçacık– keşfiyle doğrulanmıştır. Bununla birlikte birçok kişi modeli incelikten yoksun görür ve kara maddeyi kapsamaması ya da kütleçekimini bozon etkileşimi bakımından açıklayamaması gibi sorunları vardır. Yanıtlanmayan başka sorular vardır: Evrende neden maddenin (karşı-maddenin değil de) üstünlüğü vardır? Neden maddenin üç üreteci varmış gibi görünür? ■

> Bizim işimiz zevkli bir oyundur.
> **Murray Gell-Mann**



Murray Gell-Mann

Manhattan'da doğan Murray Gell-Mann, bir dahi çocuktu. 7 yaşında kalkülüsü öğrendi ve 15 yaşında Yale'e girdi. Doktorasını Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) yaptı ve 1951'de mezun oldu; sonra kaçıp California Teknoloji Enstitüsüne (Caltech) gitti ve orada Richard Feynman'la birlikte çalışıp, "acayiplik" denilen bir kuantum sayısı geliştirdi. Japon fizikçi Kazuhiko Nishijima aynı keşfi yapmış, ama "eta-yükü" adını vermişti.

Geniş bir ilgi alanı olan ve 13 dili akıcı bir biçimde konuşan Gell-Mann esrarlı göndermelerle ve söz oyunlarıyla bilgi derinliğini göstermeyi severdi. Yeni parçacıklara komik adlar verme eğiliminin başlatıcısıdır. Kuarkları keşfi, kendisine 1969 Nobel Ödülünü kazandırdı.

Önemli eserleri

1962 *Prediction of the Ω– Particle*
1964 *The Eightfold Way: A Theory of Strong Interaction Symmetry*

HER ŞEYİN TEORİSİ?

GABRIELE VENEZIANO (1942–)



KISACA

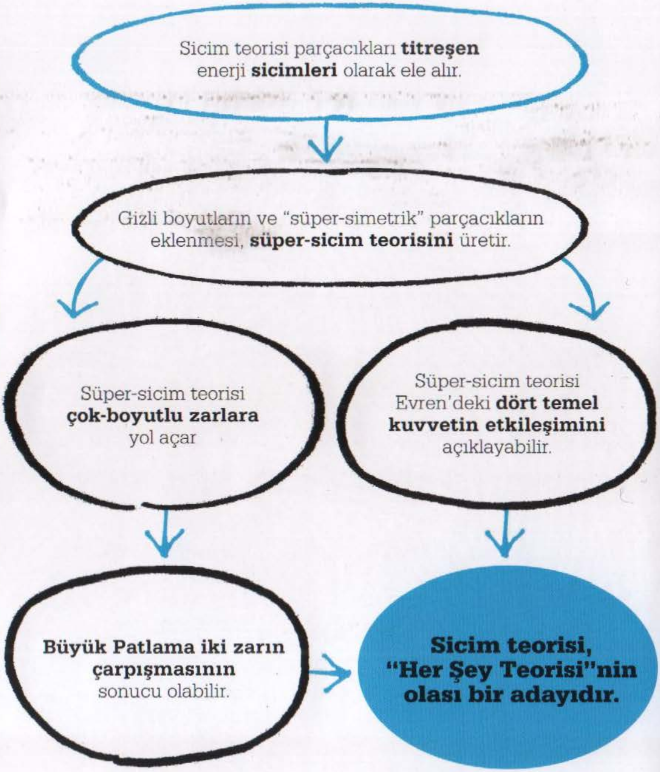
BİLİM DALI
Fizik

ÖNCE
1940'lar Richard Feynman ve diğer fizikçiler elektromanyetik kuvvet kaynaklı kuantum-düzeyinde etkileşimleri açıklayan kuantum elektrodinamiğini (KED) geliştirir.

1960'lar Parçacık fiziğinin standart modeli, o zamana kadar bilinen atom-altı parçacıkların tam kapsamını ve onları etkileyen etkileşimleri açığa çıkarır.

SONRA
1970'ler Kuantum elektrodinamiği yeğin nükleer kuvvetin daha iyi bir açıklamasını sunuyor gibi göründüğü için, sicim teorisi geçici olarak gözden düşer.

1980'ler Lee Smolin ve İtalyan Carlo Rovelli, gizli ekstra boyutları teorileştirme ihtiyacını ortadan kaldıran ilmek kuantum kütleçekim teorisini geliştirir.



Basitçe ifade edersek, sicim teorisi dikkate değer –ve hâlâ tartışmalı– bir düşüncedir; teoriye göre Evren'deki her madde nokta-benzeri parçacıklardan değil, ince enerji "sicimlerinden" oluşur. Teori, saptayamadığımız ama gördüğümüz bütün olguları açıklayan bir yapı tasarlar. Bu sicimlerin içindeki titreşim dalgaları, doğada bulunan ve örneğin bir keman teli çekilerek üretilebilen armonikleri yansıtan kuantumlu davranışlara (elektrik yükü ve spin gibi kesikli özellikler) yol açar.

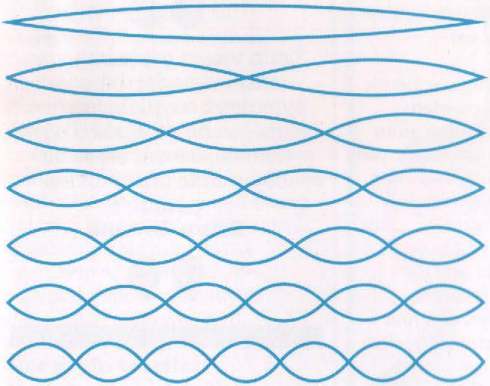
Sicim teorisinin gelişiminin uzun ve engebeli bir yolu oldu ve birçok fizikçi tarafından henüz kabul edilmemektedir. Ama teori üzerinde çalışmalar devam ediyor –özellikle elektromanyetik, zayıf ve yeğin nükleer kuvvetlerin "kuantum ayar" teorilerini Einstein'ın kütleçekim teorisiyle birleştirmeye çalışan tek teori olduğu için

Yeğin kuvveti açıklamak

Sicim teorisi atomların çekirdeklerindeki parçacıkları bir arada tutan yeğin kuvveti ve hadronların, yeğin kuvvetin etkisine tabi olan kompozit parçacıkların davranışını açıklamak için bir model olarak yaşama başladı.

1960'ta hadronların özelliklerine ilişkin devam eden bir araştırmanın parçası olarak, Amerikalı fizikçi Geoffrey Chew radikal bir yeni yaklaşım önerdi – hadronların geleneksel anlamda parçacık olduğu önyargısını bırakmak ve etkileşimlerini, S-matris denilen matematiksel bir nesneye dayanarak modellemek. İtalyan fizikçi Gabriele Veneziano,

Ayrıca bkz. Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Georges Lemaître 242–45 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ Richard Feynman 272–73 ▪ Hugh Everett III 284–85 ▪ Sheldon Glashow 292–93 ▪ Murray Gell-Mann 302–07



Sicim teorisine göre, gözlemlediğimiz kuantumlu özellikler, bir kemanda çalınan armonik notalar gibi, bir sicim farklı titreşimsel durumlar aldığında ortaya çıkar.

Chew'in modelinin sonuçlarını araştırınca; parçacıkların tek boyutlu düz hatlardaki noktalarda olacaklarını gösteren örüntüler bulguladı – şimdi sicim dediğimiz şeyin ilk işareti. 1970'lerde fizikçiler bu sicimleri ve davranışlarını haritalamaya devam etti ve çalışmaları, can sıkıcı ölçüde karmaşık ve sezgilere aykırı sonuçlar vermeye başladı. Örneğin, parçacıkların ancak belli değerler alabilen ve spin (açısal momentuma benzer) denilen bir özelliği vardır. Sicim teorisinin ilk taslakları bozon (spinleri sıfır ya da tam sayılı olan parçacıklar, tipik olarak kuantum kuvvetlerin modellerinde "kurye" parçacıklar) üretebiliyor, ama fermiyon (tüm madde parçacıkları dahil, buçuk spinli parçacıklar) üretemiyordu. Teori, ışık hızından daha hızlı hareket eden, dolayısıyla zamanda geriye doğru giden parçacıkların varlığını da öngörmekteydi.

Son engel, en az 26 boyutun (alışılmış dört boyutun –üç uzay ve bir zaman– yerine) varlığı varsayılmadan teorinin düzgün çalışamamasıydı. Ek boyut kavramı uzun zamandır ortalıktaydı: Alman matematikçi Theodor Kaluza, ek bir boyut (beşinci boyut) kullanarak elektromanyetizma ile kütleçekimi birleştirmeye kalkışmıştı. Bu matematiksel olarak sorun değildi; ama bütün boyutları neden deneyimlemediğimiz sorusunu sormaktaydı. 1926'da İsveçli fizikçi Oscar Klein, bu tür fazladan boyutların kuantum ölçeğinde ilmeklere "yığılma" olasılığını öne sürerek gündelik makroskopik ölçeklerde nasıl görünmez kalabildiklerini açıkladı.

Sicim teorisi 1970'lerin ortasında gözden düştü. Kuarkların yeğin nükleer kuvvetle etkileşimlerini açıklamak için "renk yükü" kavramını tanıtan kuantum elektrodinamiği teorisi (KED), çok daha iyi bir tasvir sundu. Ama daha

> Sicim teorisi, temel bir parçacığı küçük bir nokta gibi değil, küçük bir titreşen sicim ilmeği gibi düşünerek doğanın daha derin bir tasvirini yapma girişimidir.
> **Edward Witten**

Gabriele Veneziano

1942'de Floransa'da doğan Gabriele Veneziano doğduğu kentte okuduktan sonra, İsrail'in Weizmann Bilim Enstitüsü'de doktorasını yaptı; Avrupa'nın parçacık fiziği laboratuvarı CERN'de kısa bir süre kaldıktan sonra 1972'te fizik profesörü olarak İsrail'e döndü. 1968'de Massachusetts Teknoloji Enstitüsündeyken (MIT) yeğin nükleer kuvveti tasvir etmenin bir modeli olarak sicim teorisini buldu ve bu konudaki araştırmalara öncülük etmeye başladı. 1976'dan itibaren Veneziano esas olarak CERN'in Cenevre'deki Teori Bölümünde çalıştı ve yükselip, 1994 ile 1997 arasında bölümün müdürü oldu. 1991'den itibaren sicim teorisinin ve kuantum elektrodinamiğinin Büyük Patlamadan hemen sonraki sıcak, yoğun koşulları tasvir etmeye nasıl yardımcı olabileceğini araştırmaya odaklandı.

Önemli eserleri

1968 *Construction of a Cross-Symmetric, Regge-behaved Amplitude for Linearly Rising Trajectories*

bundan önce bile, bazı bilim insanları teorinin kavramsal olarak kusurlu olduğunu mırıldanmaya başlamıştı. Ne kadar çok çalışırlarsa, sicimler kuvveti o kadar çok açıklamıyor gibi görünüyordu.

Süper-sicimlerin doğuşu

Fizikçi grupları sicim teorisi üzerinde çalışmaya devam etti; ama daha geniş bilim topluluğunun tekrar ciddiye alması için teorinin bazı sorunlarına çözüm bulmaları gerekiyordu. 1980'lerin başında süper-simetri düşüncesiyle bir atılım geldi. Öneri şuydu: Parçacık fiziğinin standart modelinde (s. 302-05) bulunan bilinen parçacıkların her birinin keşfedilmemiş bir "süper-eşleneği"i –her bozonla eşlenen bir germion ve her fermionla eşlenen bir bozon– vardır. Durum böyle olsaydı, o zaman sicimlerin öne çıkan birçok sorunu hemen ortadan kalkardı ve sicimleri açıklamak için gerekli boyutların sayısı ona inerdi. Bu ek parçacıkların saptanmamış olarak kalmasının nedeni, en güçlü modern parçacık hızlandırıcılarda üretilen enerjinin bile çok üstünde enerjilerde bağımsız var olabilmeleridir.

Bu düzeltilmiş "süper-simetrik sicim teorisi" çok geçmeden "süper-sicim" teorisi olarak anılır oldu. Ne var ki, büyük sorunlar yerli yerinde kaldı – özellikle beş rakip süper-sicim yorumunun ortaya çıkması. Süper-sicimlerin yalnızca 2-boyutlu sicimlere ve 1-boyutlu noktalara değil, toplu şekilde "zarlar" olarak da bilinen çok-boyutlu yapılara da yol açtığına ilişkin kanıtlar da artmaya başladı. Zarlar, 3-boyutlu dünyamızda hareket eden 2-boyutlu perdeler gibi düşünülebilir: Benzer şekilde 3-boyutlu bir zar, 4-boytulu bir uzayda hareket edebilirdi.

M-teorisi

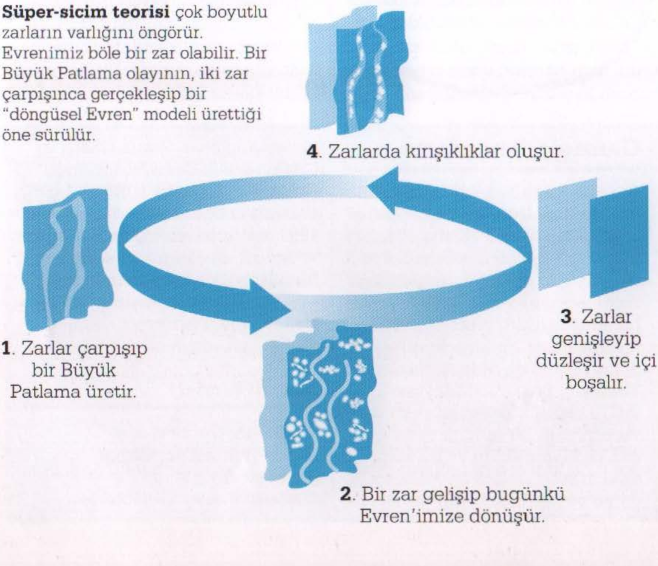
1995'te ABD'li fizikçi Edward Witten, birbiriyle çekişen süper-sicim teoriler sorununa bir çözüm öneren ve M-teorisi olarak bilinen yeni bir model sundu. Bir boyut daha ekleyip, toplam 11 boyuta ulaştı; bu durum, beş süper-sicim yaklaşımının tek bir teorinin veçheleri olarak tarif edilmesine olanak vermekteydi. M-teorisinin gerektirdiği uzay-zamanın 11 boyutu, o zaman popüler olan "süper-kütleçekim" (süper-simetrik kütleçekim) modellerinin gerektirdiği 11 boyutu yansıtmaktaydı. Witten'in teorisine göre, gereken yedi ek uzay boyutu "kompakt" olacaklardı –kıvrılıp, pek çok mikroskobik ölçekte nokta gibi hareket edecek ve görünecek kürelere benzer küçük yapılara dönüşecekti.

Ne var ki, M-teorisinin büyük sorunu, bizzat teorinin ayrıntılarının şu anda bilinmemesidir. M-teorisi daha çok, gözlemlenen ya da öngörülen birçok ölçütü yerine getirecek belli özelliklere sahip bir teorinin varlığına ilişkin bir öngörüdür.

Şimdiki sınırlılıklarına rağmen M-teorisi, fiziğin ve evrenbilimin çeşitli alanları için büyük bir esin kaynağı oldu. Kara delik tekillikleri

> Sicim teorisi çoklu bir evren tasavvur eder; burada evrenimiz büyük bir somun ekmeğin bir dilimidir. Diğer dilimler, uzayın eksta bir boyutunda bizimkinden çıkardı.
> **Brian Greene**

Süper-sicim teorisi çok boyutlu zarların varlığını öngörür. Evrenimiz böle bir zar olabilir. Bir Büyük Patlama olayının, iki zar çarpışınca gerçekleşip bir "döngüsel Evren" modeli ürettiği öne sürülür.



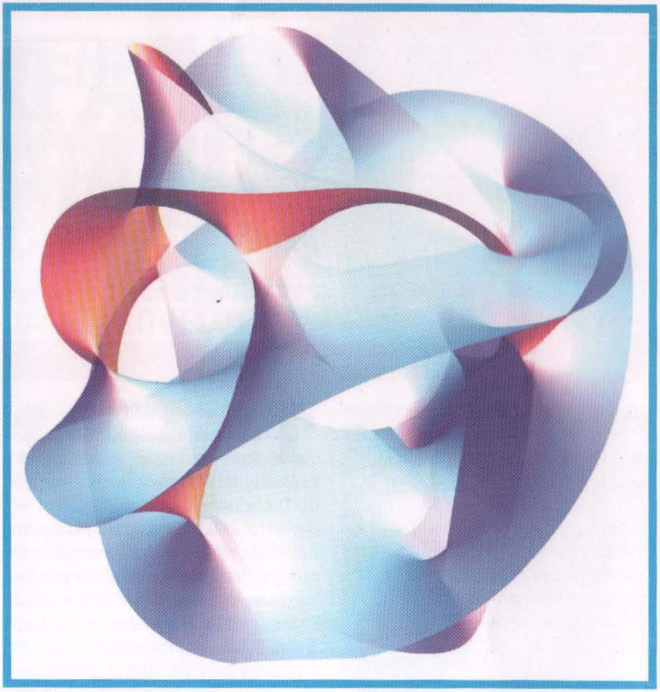
sicim olguları olarak yorumlanabilir ya da Büyük Patlamanın ilk evreleri. M-teorisinin ilgi çekici bir kolu da, Neil Turok ve Paul Steinhardt gibi kozmologların önerdiği "döngüsel Evren" modelidir. Bu teoriye göre bizim Evren'imiz 11-boyutlu uzay-zamanda küçük aralıklarla birbirinden ayrılan ve trilyon yıllık zaman ölçeklerinde birbirlerine göre hafif sürüklenen birçok ayrı zardan yalnızca biridir. İddiaya göre zarlar arasında çarpışmalar büyük enerjilerin açığa çıkmasıyla sonuçlanabilir ve yeni Büyük Patlamaları tetikleyebilirdi.

Her şeyin teorileri

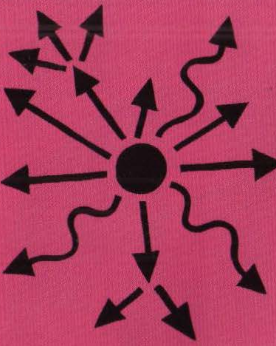
M-teorisi olası bir "Her Şeyin Teorisi" –elektromanyetizma ile zayıf ve yeğin nükleer kuvvetleri başarıyla tarif eden kuantum alan teorilerini Einstein'ın genel görelilik teorisinin sunduğu kütleçekim tarifiyle birleştirmenin bir yolu– olarak önerildi. Bir zamana kadar kütleçekimin kuantum tasviri anlaşılmaz kaldı. Kütleçekim kuvveti, doğası bakımından diğer üç kuvvetten kökten farklı gibi görünüyor. Diğer üç kuvvet bireysel parçacıklar arasında etkili olur, ama yalnızca görece küçük ölçeklerde; oysa kütleçekim, çok büyük sayıda parçacığın bir araya toplandığı durumlar hariç, önemsizdir, ama çok büyük uzaklıklarda etkili olur. Kütleçekimin sıradışı davranışının olası bir açıklaması şudur: Kuantum düzeyindeki etkisi daha yüksek boyutlara "sızabilir;" bu yüzden Evren'imizin bilinen boyutları içinde yalnızca küçük bir parçası algılanır.

> Sicim teorisi bir hataysa, üstünkörü bir hata değildir. Derin bir hatadır ve bu nedenle değerlidir.
> **Lee Smolin**

Sicim teorisi, bir Her Şeyin Teorisi'nin tek adayı değildir. 1980'lerin sonunda Lee Smolin ve Carlo Rovelli, ilmek kuantum kütleçekimini (İKKÇ) geliştirdi. Bu teoriye göre, parçacıkların kuantumlu özellikleri sicim-benzeri doğalarından değil, küçük ilmikler şeklinde kuantumlaşan küçük ölçekli uzay-zaman yapısından doğar. İKKÇ ve çeşitli açılımları ek boyut ihtiyacını ortadan kaldırarak, sicim teorisine göre şaşırtıcı avantajlar sunar ve birçok kozmolojik soruna başarıyla uygulanmıştır. Bununla birlikte, "Her Şeyin Teorisi" olarak hem sicim parçacıklar, hem ilmekli uzay-zaman savunması ikna edici olmaktan uzak duruyor. ■



Bu, Calabi-Yau manifoldu denilen 6-boyutlu matematiksel bir yapının 2-boyutlu bir dilimidir. Sicim teorisinin altı gizli boyutunun bu biçimi alabileceği öne sürülür.



KARA DELİKLER BUHARLAŞIR

STEPHEN HAWKING (1942–)

KISACA

BİLİM DALI
Evrenbilim

ÖNCE
1783 John Michell, kütleçekimleri ışığı tutacak kadar büyük olan nesneleri teorileştirir.

1930 Subrahmanyan Chandrasekhar, belli bir kültenin üzerinde çöken bir yıldız çekirdeğinin bir kara deliğe yol açacağını öne sürer.

1971 İlk olası kara delik saptanır –Cygnus X-1.

SONRA
2002 Galaksimizin merkezine yakın yörüngelerde dönen yıldızlara ilişkin gözlemler, dev bir kara deliğin varlığını gösterir.

2012 Amerikalı sicim teorisyeni Joseph Polchinski, kuantum dolaşıklığının bir kara deliğin olay ufkunda süper sıcak bir "ateş duvarı" ürettiğini öne sürer.

2014 Hawking, kara deliklerin var olabileceğini artık sanmadığını duyurur.

1960'larda Britanyalı fizikçi Stephen Hawking, kara deliklerin davranışıyla ilgilenen birkaç parlak araştırmacıdan biriydi. Doktora tezini bir tekilliğin (uzay-zamanda bir kara deliğin bütün kütlesinin yoğunlaştığı nokta) kozmolojik görünümleri üzerine yazdı ve yıldız-kütleli kara deliklerin tekillikleri ile Büyük Patlama sırasında Evren'in ilk durumu arasında paralellikler kurdu.

1973'te Hawking kuantum mekaniğiyle ve kütleçekimin atom-altı ölçekte davranışıyla ilgilenmeye başladı. Önemli bir keşifte bulundu – adlarına rağmen, kara delikler madde ve enerji yutmanın yanı sıra ışınım da yayar. "Hawking ışınımı" kara deliğin olay ufkunda –kara deliğin kütleçekimin ışık bile kaçamayacak kadar güçlü olduğu dış sınır– yayılır. Hawking, dönen bir kara delikte yoğun kütleçekimin edimsiz, atom-altı parçacık-karşı parçacık çiftlerine yol açacağını gösterdi. Olay ufkunda her çiftin bir öğesinin kara deliğin içine çekilmesi, hayatta kalanın gerçek bir parçacık olarak sürekli bir varoluşa itilmesi olanaklıdır. Uzaktaki bir gözlemci için bunun sonucu, olay ufkunun düşük-ısılı termal ışınım yaymasıdır. Zaman içinde, bu ışınımın alıp götürdüğü enerji, kara deliğin kütle kaybetmesine ve buharlaşmasına neden olur. ■

> Hedefim basittir. Evren'i eksiksiz, neden şimdi olduğu gibi olduğunu ve neden hep var olduğunu anlamaktır.
> **Stephen Hawking**

Ayrıca bkz. John Michell 88–89 ▪ Albert Einstein 214–21 ▪ Subrahmanyan Chandrasekhar 248



YER VE YER'İN BÜTÜN YAŞAM FORMLARI, GAİA DENİLEN TEK BİR CANLI ORGANİZMA OLUŞTURUR

JAMES LOVELOCK (1919–)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1805 Alexander von Humboldt, doğanın bir bütün olarak temsil edilebildiğini ilan eder.

1859 Charles Darwin, yaşam formlarının çevreleri tarafından şekillendirildiğini savunur.

1866 Alman doğa bilimci Ernst Haeckel ekoloji terimini icat eder.

1935 Britanyalı botanikçi Arthur Tansley Yer'in yaşam formlarını, arazi şeklini ve iklimini dev bir ekosistem olarak tarif eder.

SONRA
1970'ler Lynn Margulis Yer atmosferinin ve mikropların simbiyotik ilişkiyi tarif eder; daha sonra Gaia'yı bir dizi etkileyen ekosistem olarak tanımlar.

1997 Kyoto Protokolü, sera gazlarını azaltma hedeflerini belirler.

1960'ların başında NASA, Mars'ta yaşamın nasıl aranacağına kafa yoracak bir ekip oluşturdu. Britanyalı çevrebilimci James Lovelock'a sorunla nasıl başa çıkılacağı soruldu; bunun üzerine Yer'deki yaşamı düşünmeye başladı.

Lovelock kısa sürede yaşamın bir dizi zorunlu özelliğini keşfetti. Yer yüzeyindeki bütün yaşam suya bağımlıdır. Ortalama yüzey sıcaklığı, yeterli sıvı suyun var olması için 10-16°C arasında kalmalıdır ve 3,5 milyon yıldır bu aralıkta kalmaktadır. Hücreler sabit bir tuzluluk düzeyini gerektirir ve genellikle yüzde 5'ten yüksek düzeylerde yaşayamazlar ve okyanus tuzluluğu yüzde 3,4 civarında kalmıştır. Yaklaşık iki milyar yıl önce atmosferde ilk oksijen görüldüğünden beri, oksijen yoğunluğu yüzde 20'ye yakın kalmıştır. Yüzde 16'nın altına düşseydi, soluyacak kadar oksijen olmazdı – yüzde 25'in üzerine çıksaydı, orman yangınları asla söndürülemezdi.

> Evrim, yaşam ve maddi çevrenin partner olduğu yapışık bir çit dansıdır. Danstan, Gaia kendiliği çıkar.
> **James Lovelock**

Gaia hipotezi
Lovelock bütün gezegenin, Gaia dediği, kendi kendini düzenleyen, canlı bir kendilik oluşturduğunu öne sürdü. Bizzat yaşamın kendisinin varlığı, yüzey sıcaklığını, oksijen yoğunlaşmasını ve okyanusların kimyasal bileşimini düzenleyip, yaşam koşullarını en uygun hale getirir. Bununla birlikte, insanın çevre üzerindeki etkisinin bu hassas dengeyi bozabileceği uyarısında da bulundu. ■

Ayrıca bkz. Alexander von Humboldt 130–35 ▪ Charles Darwin 142–49 ▪ Charles Keeling 294–95 ▪ Lynn Margulis 300–01



BİR BULUT ÜST ÜSTE DALGALARDAN OLUŞUR

BENOÎT MANDELBROT (1924–2010)

KISACA

BİLİM DALI
Matematik

ÖNCE
1917–20 Fransa'da Pierre Fatou ve Gaston Julia karmaşık sayılar –yani, gerçek ve sanal sayı (karekök –1'in katları) kombinasyonları– kullanarak matematiksel kümeler kurar. Ortaya çıkan kümeler ya "düzenli" (Fatou kümeleri) ya "kaotik"tir (Julia kümeleri) ve fraktalların öncüsüdür.

1926 Britanyalı matematikçi ve meteorolog Lewis Fry Richardson, kaotik sistemlerin matematiksel modellerine öncülük eden *Does the Wind Possess a Velocity*'yi yayımlar.

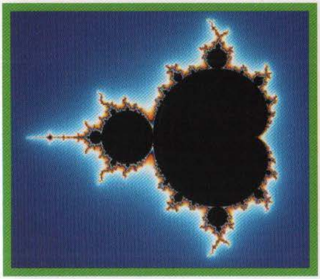
SONRA
Günümüz Fraktallar, karmaşıklık bilimi alanının bir parçasını oluşturur. Deniz biyolojisinde, deprem modellemede, nüfus araştırmalarında, petrol ve akışkan mekaniğinde kullanılır.

Belçikalı matematikçi Benoît Mandelbrot 1970'lerde bilgisayar kullanıp, doğadaki örüntüleri modelledi. Bunu yapmakla, yeni bir matematik alanı açtı – o günden beri birçok alanda kullanılan fraktal geometri.

Kesirli boyutlar

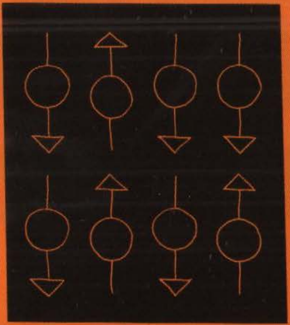
Geleneksel geometri tamsayılı boyutlar kullandığı halde; fraktal geometri, bir "pürüz ölçüsü" gibi düşünülebilen kesirli boyutlar kullanır. Bunun ne anlama geldiğini anlamak için, Britanya'nın kıyı şeridini bir sopayla ölçmeyi düşünün. Sopa ne kadar uzunsa, ölçüm o kadar kısa olur; çünkü yol boyunca olan pürüzleri düzgünleştirir. Britanya kıyısının 1,28'lik bir kesirli boyutu vardır; bu rakam, sopanın uzunluğu azaldıkça ölçümün ne kadar arttığının bir işaretidir.

Fraktalların ayırt edici bir özelliği de, kendine benzemedir – yani, bütün büyütme ölçeklerinde eşit bir ayrıntı miktarı vardır. Örneğin bulutların fraktal doğası, dışsal ipuçları olmadan bize ne kadar yakın olduklarını söylemeyi olanaksızlaştırır – bulutlar, bütün uzaklıklardan aynı görünür. Vücudumuz birçok fraktal örneği barındırır; akciğerin dallanıp boşluğu doldurması gibi. Kaotik fonksiyonlar gibi fraktallar da, başlangıç koşullarında küçük değişikliklere duyarlılık gösterir ve hava durumu gibi kaotik sistemleri analiz etmek için kullanılır. ■



Mandelbrot kümesi, bir karmaşık sayılar kümesi kullanılarak üretilen bir fraktaldır ve her ölçekte kendisinin sınırsız temsillerini gizler. Grafik olarak görselleştirildiğinde, burada görülen kendine özgü şekli üretir.

Ayrıca bkz. Robert FitzRoy 150–55 ■ Edward Lorenz 296–97



BİR KUANTUM HESAPLAMA MODELİ

YURI MANIN (1937–)

KISACA

BİLİM DALI
Bilgisayar bilimi

ÖNCE
1935 Albert Einstein, Boris Podolsky ve Nathan Rosen, kuantum dolaşıklığının ilk tasvirini veren "EPR paradoksu"nu geliştirir.

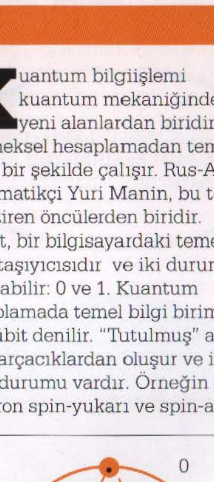
SONRA
1994 Amerikalı matematikçi Peter Shor kuantum bilgisayarlar kullanarak sayıların çarpanlara ayrılmasını başarabilen bir algoritma geliştirir.

1998 Hugh Everett'in kuantum mekaniğine ilişkin çoklu dünyalar yorumunu kullanan teorisyenler, bir kuantum bilgisayarın hem açık hem kapalı olduğu bir binişme durumu tasavvur ettiler.

2011 Çin'de Hefei'de Bilim ve Teknoloji Üniversitesinden bir araştırma ekibi dört kübitlik bir kuantum dizisi kullanarak 143'ün asal çarpanlarını doğru bir şekilde bulur.

Kuantum bilgiişlemi kuantum mekaniğinden en yeni alanlardan biridir. Geleneksel hesaplamadan temelden farklı bir şekilde çalışır. Rus-Alman matematikçi Yuri Manin, bu teoriyi geliştiren öncülerden biridir.

Bit, bir bilgisayardaki temel bilgi taşıyıcısıdır ve iki durumda var olabilir: 0 ve 1. Kuantum hesaplamada temel bilgi birimine bir kübit denilir. "Tutulmuş" atomaltı parçacıklardan oluşur ve iki olası durumu vardır. Örneğin bir elektron spin-yukarı ve spin-aşağı olabilir ve ışık fotonları yatay ya da dikey kutuplaşabilir. Ama kuantum mekaniksel dalga işlevi, kübitlerin her iki durumun binişmesinde var olmalarına olanak vererek, taşıyabildikleri bilgi miktarını arttırır. Kuantum teorisi kübitlerin "dolaşık" olmalarına da izin verir ve bu durum, her ek kübitle birlikte taşınan veriyi katlı olarak arttırır. Bu paralel işlem teorik olarak olağanüstü hesaplama gücü üretebilir.

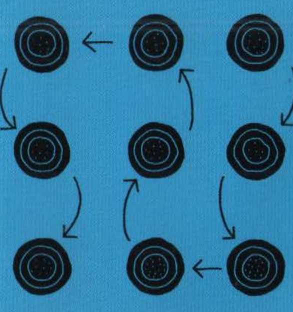


Bir kübitteki bilgi bir kürenin yüzeyinde herhangi bir nokta olarak temsil edilebilir – 0, 1 ya da ikisinin binişmesi.

Teoriyi kanıtlama

İlk kez 1980'lerde ortaya atılan kuantum bilgisayarlar, salt teorik gibi görünüyorlardı. Bununla birlikte, yakın zamanda yalnızca birkaç kübitlik dizilerde hesaplamalar yapılabildi. Yararlı bir makine sunmak için kuantum bilgisayarlar yüzlerce ya da binlerce dolaşık kübite ulaşmalıdır ve bu büyüklüğe ulaşma sorunları vardır. Bu sorunlarla ilgili çalışmalar devam ediyor. ■

Ayrıca bkz. Albert Einstein 214–21 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Alan Turing 252–53 ▪ Hugh Everett III 284–85



GENLER TÜRDEN TÜRE GEÇEBİLİR

MICHAEL SYVANEN (1943–)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1928 Frederick Griffith bir bakteri suşunun, daha sonra DNA olduğu anlaşılan şeyin aktarılmasıyla başka bir suşa dönüşebildiğini gösterir.

1946 Joshua Lederberg ve Edward Tatum, bakterilerde doğal genetik malzeme alışverişini keşfeder.

1959 Tomoichiro Akiba ve Kunitaro Ochia, antibiyotiğe dirençli plazmitlerin bakteriler arasında dolaşabildiğini rapor eder.

SONRA
1993 Amerikalı genetikçi Margaret Kidwell, karmaşık organizmalarda genlerin tür sınırlarını aştığını gösteren örnekler saptar.

2008 Amerikalı biyolog John K. Pace ve diğerleri omurgalılarda yatay gen aktarımının kanıtlarını sunar.

Isıyla öldürülen **bakteriler ayırt edici özelliklerini** canlı bakterilere aktarabilir.

Genler bakteri hücreleri arasında **dolaşabildiği** için bu gerçekleşir.

Omurgalılar da dahil**, uzak akraba** organizma **türlerinde benzer genler** saptanmıştır.

Genler türden türe geçebilir.

Yaşamın sürekliliği – organizmaların büyümesi, üremesi ve evrilmesi– genellikle, ebeveynlerden yavrulara geçen genlerle hareket eden dikey bir süreç olarak görülür. Ama 1985'te Amerikalı mikrobiyolog Michael Syvanen, genlerin yalnızca kuşaktan kuşağa geçmediğini, üremeden bağımsız olarak türler arasında yatay geliş de yapabildiğini ve yatay gen aktarımının (YGA) evrimde kilit bir rol oynadığını öne sürdü.

Geçmişte, 1928'de Britanyalı hekim Frederick Griffith, zatürree bulaşan bakterileri inceliyordu. Zararsız bir suşun canlı hücrelerini, ısıyla öldürülmüş zararlı bir suşun ölü kalıntılarıyla karıştırınca tehlikeli olabildiğini bulguladı. Vardığı sonuçları, ölü hücrelerden canlı hücrelere sızan dönüştürücü bir "kimyasal ilke"ye bağladı. James Watson ve Francis Crick DNA'nın yapısını çözmeden çeyrek yüzyıl önce Griffith, DNA'nın kuşaklar arasında dikey geçiş

Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ William French Anderson 322–23

> Farklı türler arasında gen akışı, içerimleri henüz tam olarak anlaşılmamış bir genetik varyasyon biçimini temsil eder.
> **Michael Syvanen**

yapmanın yanı sıra, aynı kuşağın hücreleri arasında yatay geçiş de yapabildiğinin ilk kanıtını bulmuştu.

1946'da Amerikalı biyologlar Joshua Lederberg ve Edward Tatum bakterilerin doğal davranışlarının bir parçası olarak genetik malzeme alışverişi yaptıklarını kanıtladı. 1959'da Tomoichiro Akiba ve Kunitaro Ochia'nın başını çektiği bir Japon mikrobiyologlar ekibi, bu tür DNA transferinin, bakteriler arasında antibiyotik direncinin bu kadar hızlı yayılmasının nedeni olduğunu gösterdi.

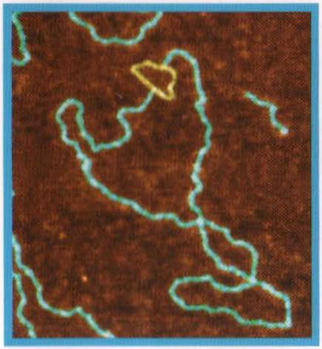
Dönüşen mikroplar

Bakterilerin plazmit denilen ve doğrudan temas kurunca hücreden hücreye geçen –genlerini de birlikte götürerek– küçük, seyyar DNA halkaları vardır. Bazı bakteriler, belli antibiyotik tiplerine karşı direnç yaratan genler barındırır. Genler, DNA çoğaldığı her seferinde kopyalanır ve DNA aktarılırken bir bakteri popülasyonuna yayılabilir. Bu tür yatay gen aktarımı, Lederberg'in öğrencisi Norton Zinder'in keşfettiği gibi, virüsler aracılığıyla da gerçekleşebilir. Virüsler bakterilerden daha küçüktür ve canlı hücreleri –bakteriler dahil– istila edebilir. Konukçu genlere karışabilirler ve konukçudan konukçuya geçerken, konukçu genleri birlikte götürebilir.

Gelişme genleri

1980'lerin ortasından itibaren Syvanen, yatay gen aktarımını daha geniş bir bağlama yerleştirdi. Embriyo gelişiminin hücre düzeyinde genetik olarak kontrol edilişinde benzerlikler –uzak akraba türler arasında bile– fark etti ve bunu, evrim tarihinde farklı organizmalar arasında hareket eden genlere bağladı. Syvanen'e göre hayvan gelişiminin genetik kontrolü, gen takasının etkili olma şansını azamileştirdiği için, farkı gruplarda benzer olacak şekilde evrilmişti.

Daha çok tür için genom dizimi tamamlandıkça ve fosil kalıntılar yeniden incelendikçe, kanıtlar, yatay gen aktarımının yalnızca mikroplarda değil, daha karmaşık organizmalarda, hem bitkilerde hem hayvanlarda da gerçekleşme olasılığını gösterir. Darwin'in yaşam ağacı, bir evrensel ortak atadan çok, çok sayıda atası olan bir ağa benzeyebilir. Taksonomi, hastalık ve haşere kontrolü ve genetik mühendisliği bakımından potansiyel içerimleriyle yatay gen aktarımının tam anlamı, açılmaya devam ediyor. ▪



DNA plazmitleri, bu mikrografta maviye boyanan, bir hücrenin kromozomlarından bağımsızdır; ama yine de genleri kopyalayabilirler ve organizmalara yeni gen sokmak için kullanılabilirler.

Michael Syvanen

Michael Syvanen Washington ve Berkeley Üniversitelerinde kimya ve biyokimya okuduktan sonra, mikrobiyoloji alanında uzmanlaştı. 1975'te Harvard Tıp Okulunda mikrobiyoloji ve moleküler genetik profesörlüğüne atandı; burada bakterilerde antibiyotik, sineklerde böcek ilacı direncinin gelişimini araştırdı. Bulguları onu yatay gen aktarımına ve bunun adaptasyon ve evrimdeki rolüne ilişkin teorisini yayınlamaya götürdü.

Syvanen 1987'den beri Davis'te California Üniversitesi Tıp Okulunda tıbbi mikrobiyoloji ve immünoloji profesörüdür.

Önemli eserleri

1985 *Cross-species Gene Transfer: Implications for a New Theory of Evolution*
1994 *Horizontal Gene Transfer: Evidence and Possible Consequences*



FUTBOL TOPU BÜYÜK BASINCA DAYANABİLİR

HARRY KROTO (1939–)

KISACA

BİLİM DALI
Kimya

ÖNCE
1966 Britanyalı kimyacı David Jones, içi boş karbon moleküllerinin yaratılışını öngörür.

1970 Japonya'da ve Britanya'da bilim insanları, karbon-60 (C_{60}) molekülünün varlığını birbirinden bağımsız olarak öngörür.

SONRA
1988 Mum isinde C_{60} bulunur.

1993 Alman fizikçi Wolfgang Krätschmer ve Amerikalı fizikçi Don Huffman "fullerenler"i sentezlemenin bir yöntemini geliştirir.

1999 Avusturyalı fizikçiler Markus Arndt ve Anton Zeilinger, C_{60}'ın dalga-benzeri özellikleri olduğunu kanıtlar.

2010 Yer'den 6500 ışık yılı uzaktaki kozmik tozda C_{60} spektrumu görülür.

Öyle **güçlü** ve **dirençli** bir **molekül** yaptık ki...

... teknolojinin ve tıbbın birçok alanında **çoklu uygulamaları** vardır.

Bir futbol topu şeklindedir.

Futbol topu büyük basınca dayanabilir.

İki yüzyıldan fazla bir süre boyunca bilim insanları, karbon (C) elementinin yalnızca üç biçim ya da allotropt halinde var olduğunu düşündüler: elmas, grafit ve amorf karbon –isin ve kömürün ana bileşeni. 1985'te Britanyalı kimyacı Harry Kroto ve Amerikalı meslektaşları Robert Curl ve Richard Smalley'in çalışmasıyla birlikte bu durum değişti. Kimyacılar grafiti bir lazer ışını demetiyle buharlaştırıp çeşitli karbon kümeleri ürettiler, bir tam sayılı karbon atomlarıyla moleküller oluşturdular. En bol kümelerin formülü C_{60} ve C_{70}'ti. Bunlar daha önce hiç görülmemiş moleküllerdi.

C_{60}'ın (ya da karbon-60) dikkate değer özellikleri olduğu anlaşıldı. Kimyacılar bir futbol topuna benzeyen bir yapıya sahip olduğunu anladılar –karbon atomlarının oluşturduğu tam bir

Ayrıca bkz. August Kekulé 160–65 ▪ Linus Pauling 254–59

küresel kafes; her atom diğer üç atoma öyle bağlanmıştı ki, polihedronun bütün yüzleri ya beşgendi ya altıgendi. C_{70} daha çok bir ragbi topuna benzer; ekvatorunun etrafında fazladan bir karbon atomu halkası vardır.

Hem C_{70} hem C_{60} Kroto'ya, Amerikalı mimar Buckminster Fuller'in fütürist jeodezik kubbeleri hatırlattı, bu nedenle bileşiklere buckminsterfullerene adını verdi; bucky küresi ya da fulleren de denilir.

Bucky kürelerinin özellikleri

Ekip, C_{60} bileşiğinin kararlı olduğunu ve bozulmadan yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılabildiğini bulguladı. Yaklaşık 650°C'de bir gaza dönüşüyordu. Kokusuzdu, suda çözülmüyor, ama organik solventlerde hafif çözülüyordu. Bucky küresi, şimdiye kadar hem bir dalga özelliği hem bir parçacık özelliği sergilediği görülen en büyük nesnelerden biridir de. 1999'da Avusturyalı araştırmacılar C_{60} moleküllerini dar yarıklardan geçirdi ve dalga-benzeri davranışın girişim örüntüsünü gözlemledi.

Katı C_{60} grafit kadar yumuşaktır; ama fazla sıkıştırılınca, süper-sert bir elmas biçimine dönüşür. Öyle görünüyor ki, futbol topu büyük basınca dayanabilir.

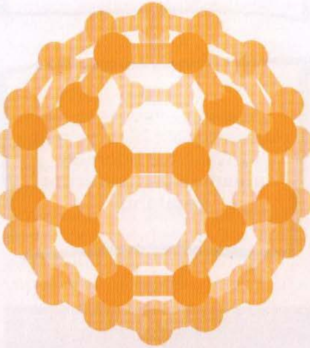
Saf C_{60} yarıiletkendir; yani iletkenliği, bir yalıtkan ile bir iletkenin iletkenlikleri arasındadır. Ama sodyum ya da potasyum gibi alkali metallerin atomları eklendiğinde, bir iletken haline gelir, hatta düşük sıcaklıklarda süper iletken haline gelip, dirençsiz elektrik iletir.

C_{60}, özellikleri hâlâ araştırılan çok sayıda ürünle (kimyasal madde) sonuçlanan çeşitli kimyasal tepkimelere de girer.

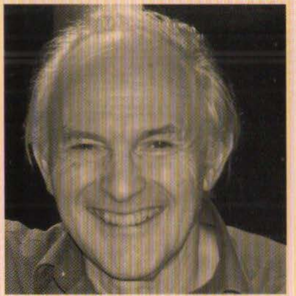
Yeni nano dünyası

C_{60} araştırılan ilk molekül olmasına rağmen, keşfedilmesi tamamen yeni bir kimya dalına yol açtı – fullerenlerin araştırılması. Nanotüpler yapıldı – yalnızca birkaç nanometre genişliğinde, ama birkaç milimetre uzunluğa ulaşan silindirik fullerenler. İyi ısı ve elektrik iletirler; kimyasal olarak etkisizdir ve son derece güçlüdür; bu da onları mühendislik bakımından çok yararlı yapar.

Elektriksel özelliklerden kanserin ve HIV'in tıbbı tedavisine kadar her şey için araştırılan daha birçok molekül vardır. Fullerenlerin en son yan ürünü grafendir –karbon atomlarından oluşan yassı bir levha, tekil bir grafit tabakasına benzer. Bu maddenin, hararetle araştırılan dikkate değer özellikleri vardır. ▪



Bir C_{60} molekülünün her atomu üç atoma bağlanır. Molekülün toplam 32 yüzü vardır. Bunların 12'si beşgen, 20'si altıgendir; kendine özgü, futbol topuna benzer bir şekil oluştururlar.



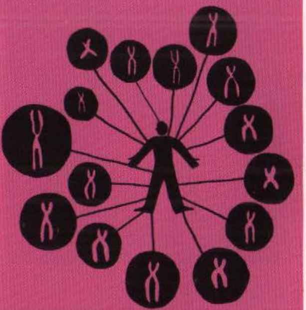
Harry Kroto

Harold Walter Krotobchiner, 1939'da İngiltere'de Cambridgeshire'da doğdu. Oyuncak inşaat takımı Meccano'dan büyülenen Kroto kimya okumayı tercih etti ve 1975'te Sussex Üniversitesinde profesör oldu. H-C≡C-C≡C-C≡N gibi çoklu karbon-karbon bağlı bileşikleri uzayda aramakla ilgilendi ve spektroskopi (madde ile ışıyan enerji arasındaki etkileşimin incelenmesi) kullanarak kanılar buldu. Rice Üniversitesinde Richard Smalley ile Robert Curl'ün lazer spectroskopisi çalışmalarını duyunca, Texas'da onlara katıldı ve birlikte C_{60}'ı keşfettiler. Kroto 2004'ten beri Florida Eyalet Üniversitesinde nanoteknoloji üzerinde çalışmaktadır.

1995'te, eğitim ve öğretim amaçlı bilim filmleri yapacak Vega Science Trust'ı (Vega Bilim Vakfı) kurdu. Filmler internette www.vega.org.uk adresinde ücretsiz edinilebilir.

Önemli eserleri

1981 *The Spectra of Interstellar Molecules*
1985 *60:Buckminsterfullerene* (with Heath, O'Brien, Curl, and Smalley)



HASTALIĞI TEDAVİ ETMEK İÇİN İNSANLARA GEN YERLEŞTİR

WILLIAM FRENCH ANDERSON (1936–)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1984 ABD'li araştırmacı Richard Mulligan bir virüsü, fareden alınan hücrelere gen yerleştirmek için bir alet olarak kullanır.

1985 William French Anderson ve Michael Blaese, bu tekniğin kusurlu hücreleri düzeltmek için kullanılabildiğini gösterir.

1989 Anderson zararsız bir belirteci 52 yaşındaki bir erkeğe enjekte ederek, insanın gen tedavisinde ilk güvenlik testini gerçekleştirir. Bir yıl sonra ilk klinik denemeyi yapar.

SONRA
1993 Birleşik Krallık'ta araştırmacılar, kistik fibrozu gen terapisiyle iyileştiren başarılı hayvan deneylerinin sonuçlarını açıklar.

2012 İnsanlar üzerinde kistik fibroz gen tedavisinin ilk çok-dozlu denemesi başlar.

Birçok **hastalık** kalıtsaldır ve **kusurlu genler neden olur.**

↓

DNA'yı kesen enzimler kullanılarak **işlevsel genler** normal hücrelerden **yalıtılabilir.**

↓

Vektörler –virüsler ya da plazmit denilen DNA halkaları– kullanılarak **hücreler arasında gen aktarımı yapılabilir.**

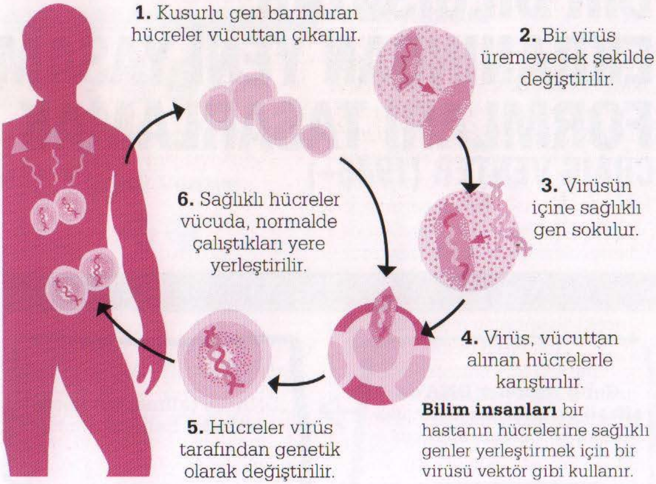
↓

Hastalığı tedavi etmek için insanlara gen yerleştirilebilir.

İnsan genomu -bir insanın kalıtsal bilgisinin tamamı– yaklaşık 20.000 genden oluşur. Bir gen, canlı bir organizmanın moleküler kalıtım birimidir. Ne var ki, genler sıkça arızalı çalışır. Normal bir gen düzgün kopyalanmayınca kusurlu bir gen oluşur ve "hata" ebeveynlerden yavruya geçer. Genetik denilen bu hastalıkların belirtileri, söz konusu gene bağlıdır. Bir gen bir proteinin –canlı organizmalarda çok çeşitli işlevleri yerine getiren çok sayıda proteinden birinin– üretimini kontrol ederek çalışır; ama bu hata olursa bu protein başarısız olur. Örneğin bir kan pıhtılaştırma geni arızalı çalışırsa, vücut kanı pıhtılaştıran kan proteinini üretmeyi bırakır – hemofili hastalığına neden olur.

Genetik hastalıklar geleneksel ilaçlarla tedavi edilemez ve uzun süre, yalnızca belirtileri hafifletmek ve hastanın yaşamını olabildiğince rahatlatmak olanaklıydı. Ama 1970'lerde bilim insanları hastalığı iyileştirmek için "gen tedavisi" – kusurlu genlerin yerini alacak ya da onlara baskın gelecek "sağlıklı" genler kullanma– olasılığını düşünmeye başladılar.

Ayrıca bkz. Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ Craig Venter 324–25 ▪ Ian Wilmut 326



Bilim insanları bir hastanın hücrelerine sağlıklı genler yerleştirmek için bir virüsü vektör gibi kullanır.

Yeni genler yerleştirmek

Genler vücudun hastalıklı yerlerine bir vektörle –geni kaynağına "taşıyan" bir parçacık– sokulabilir. Bilim insanları bir vektör gibi harekete edebilen kendilikler için birçok olasılık araştırdı – hastalıkla savaşmaktan çok hastalığa neden olmakla bütünleştirilen virüsler de dahil. Virüsler enfeksiyon döngülerinin bir parçası olarak canlı hücreleri doğal bir şekilde istila eder; peki iyileştirici genleri de birlikte taşıyabilirler miydi?

> Gen tedavisi, temel ahlaki iyilikseverlik ilkesiyle desteklenebildiği için etiktir: İnsanın ıstırabını hafifletir.
>
> **William French Anderson**

1980'lerde aralarında William French Anderson'ın da bulunduğu Amerikalı bir bilim insanları ekibi, kültürlü (laboratuvarda yetiştirilmiş) dokuya gen yerleştirmek için virüs kullanmayı başardı. Genetik bağışıklık yetmezliği hastalığına yakalanmış hayvanlar üzerinde denediler. Amaç sağaltıcı genleri hayvanların kemik iliğine yerleştirmekti; orada sağlıklı kırmızı kan hücreleri yapacak ve hastalığı iyileştireceklerdi. Beyaz kan hücreleri hedef alındığında daha iyi sonuç alınmasına rağmen, deneme çok etkili olmadı.

1990'da Anderson ilk klinik denemeyi gerçekleştirdi ve kabarcık hastalığı olarak bilinen, aynı bağışıklık yetmezliği olan iki kızı tedavi etti. Bu hastalığa yakalananlar enfeksiyona karşı o kadar savunmasızlar ki, bütün ömürlerini steril bir ortamda ya da "kabarcık"ta geçirmek zorunda kalabilirler.

Anderson'ın ekibi iki kızdan örnekler aldı, onlara gen taşıyan virüs bulaştırdı ve hücreleri tekrar kızların içine aktardı. Tedavi iki yıl boyunca birçok kez tekrarlandı ve işe yaradı. Ne var ki, etkisi geçiciydi; çünkü vücudun yaptığı yeni hücreler kalıtımla arızalı gen almaya devam ediyordu. Bu, bugün gen tedavisi araştırmalarının merkezi sorunu olarak duruyor.

Gelecekten beklentiler

Diğer hastalıkların tedavisinde dikkate değer atılımlar gerçekleştirildi. 1989'da ABD'de çalışan bilim insanları, kistik fibroza neden olan geni tanımladı. Bu vakada kusurlu hücreler, akciğerleri ve sindirim sistemini tıkayan yapışkan bir mukus üretir. Sorumlu kusurlu genin tanımlanmasından sonra beş yıl içinde, vektör olarak lipozomları – bir tür yağlı damlacık– kullanarak sağlıklı gen aktarmak için bir teknik geliştirilmişti. İlk klinik denemenin sonuçları 2014'te belli olacak.

Gen tedavisini genişletmek için üstesinden gelinmesi gereken önemli zorluklar hâlâ var. Kistik fibroza yalnızca bir gendeki kusur neden olur. Ne var ki, genetik bileşenli birçok vakaya –Alzheimer, kalp hastalığı ve diyabet gibi– farklı birçok genin etkileşimi neden olur. Bu tür vakaları tedavi etmek çok daha zordur ve güvenli, başarılı gen tedavisi için araştırmalar devam ediyor. ■



BİR BİLGİSAYAR EKRANINDAN YENİ YAŞAM FORMLARI TASARLAMAK

CRAIG VENTER (1946–)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1866 Gregor Mendel bezelyelerde kalıtsal özelliklerin belli örüntüleri uyduğunu gösterir.

1902 Amerikalı biyolog ve fizikçi Walter Sutton, kromozomların kalıtımın taşıyıcısı olduklarını öne sürer.

1910–11 Thomas Hunt Morgan, meyve sineği deneylerinde Sutton'un teorisini kanıtlar.

1953 Francis Crick ve James Watson, DNA'nın genetik talimatları nasıl taşıdığını açığa çıkarır.

1995 İlk kez bir bakterinin genomu (genlerinin tamamı) dizilir.

2000 İnsan genomu ilk kez dizilir.

2007 Craig Venter yapay bir kromozom sentezler.

SONRA
2010 Venter ilk yaşam formu sentezini duyurur.

Canlı hücreler DNA'da şifreli talimatları kullanarak oluşur ve varlığını sürdürür.

DNA'nın **talimatları kesin bir dizim halinde** tutulur.

Bu **dizim deşifre edilebilir.**

Kimyasal yapı taşları belirli bir düzende birbirine bağlanarak **DNA yapay olarak yaratılabilir.**

Bir gün bir bilgisayarın ekranında yeni yaşam formları tasarlayabileceğiz.

Mayıs 2010'da, biyolog Craig Venter'in başını çektiği Amerikalı bilim insanlarından oluşun bir ekip, tamamen yapay ilk yaşam formunu yarattı. Bu organizma –tek hücreli bir bakteri– ham kimyasal yapı taşlarından oluşturuldu. Bu, yaşamın doğasını anlamamızda kaydedilen ilerlemenin bir tanığıydı. Yaşam yaratma rüyası yeni bir şey değildir. 1771'de Luigi Galvani elektrik kullanarak kesilmiş bir kurbağanın bacağını seğirtti, romancı Mary Shelley'in *Frankenstein*'ı yazmasına esin kaynağı oldu. Ama bilim insanları yaşamın fiziksel bir "kıvılcım"a daha az, hücrelerin içinde gerçekleşen kimyasal süreçlere daha fazla bağlı olduğunu giderek anladı.

Ayrıca bkz. Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ Barbara McClintock 271 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Michael Syvanen 318–19 ▪ William French Anderson 322–23

> Yaşam için yeni bir değer sistemi yaratıyoruz.
> **Craig Venter**

1950'lerin ortasına gelindiğinde yaşamın gerçek sırrı, her hücrenin çekirdeğinde var olan, deoksiribonükleik asit ya da DNA denilen bir molekülde bulunmuştu. DNA'nın kimyasal yapı taşlarının oluşturduğu uzun iplikçik, hücrelerin çalışmasını kontrol eden genetik kod olarak tanımlandı. Yaşam yaratmak DNA yaratmak –ve nükleotit denilen yapı taşlarını tam doğru dizimini elde etmek– anlamına gelecekti. Her nükleotit dört baz türünden birine sahiptir, ama sayısız şekilde birleşir.

DNA yapmak

Nükleotitlerin dizimi her organizmada farklıdır ve milyonlarca yıllık evrimin sonucudur. Rastgele bir dizim, bir canlıyı devam ettiremeyen anlamsız bir kimyasal "mesaj" gönderirdi. Bilim insanları yaşamı yaratmak için, doğal olarak var olan bir organizmadan bir dizim kopyalamak zorundaydı. 1990'a gelindiğinde, bir sürü yöntemle bunu gerçekleştirebilecek yeni teknoloji vardı ve insanın tam genetik yapısını ya da genomunu dizmek için uluslararası İnsan Genomu Projesi başlatıldı.

İlk organizma –bir bakteri– 1995'te dizildi. Üç yıl sonra, İnsan Genomu Projesinin yavaş ilerlemesinden sıkılan Venter, insan genomunu daha hızlı dizmek ve verileri kamuya sunmak için özel şirket Celera Genomics'i kurdu. 2007'de ekibi, *Mycoplasma* cinsinden bir bakterinin kromozomunu temel alan yapay bir kromozom –tam bir DNA iplikçiği– yaptığını ilan etti. 2010'da ekibi, genetik malzemesi çıkarılmış bir bakteriye yapay bir kromozom yerleştirip, yeni bir yaşam formunu fiilen yarattı.

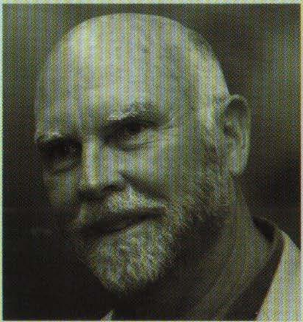
Bilgisayar-üretimi yaşam

En basit canlının –*Mycoplasma* gibi– genomu bile yüz binlerce nükleotitin dizilişinden oluşur. Bu nükleotitler özel bir düzende yapay olarak birbirine bağlanmalıdır; ama bunu bütün bir genom için yapmak çok zor bir iştir. Yaşamın genetik şifresini çözebilen, hastalıklardaki genetik faktörleri saptayabilen, hatta yeni yaşam formları yaratmaya hizmet edebilen makinelerde, bilgisayar teknolojisinin yardımıyla işlem otomatikleştiriliyor. ▪



Mycoplasma, hücre duvarı olmayan bakterilerdir. Bilinen en küçük yaşam formlarıdır ve Venter tarafından kromozomları yapay olarak dizilen ilk organizma oldu.

Craig Venter



ABD'de Utah'ta Salt Lake City'de doğan Craig Venter okulda iyi bir performans göstermedi. Vietnam Savaşına katıldı, bir sahra hastanesinde çalıştı ve biyomedikal bilime ilgi duydu. San Diego'da California Üniversitesinde okuduktan sonra, 1984'de ABD Ulusal Sağlık Enstitüsüne girdi. 1990'larda insan genetik yapısına gen yerleştirebilen teknolojinin geliştirilmesine yardım etti, gelişmekte olan genom araştırmaların alanında öncü oldu. Ulusal Sağlık Enstitüsü'ndan ayrılıp, 1992'de kâr amacı gütmeyen Genom Araştırmaları Enstitüsünü kurdu. İlk önce *Haemophilus influenzae* bakterisine odaklanarak, tüm genomları dizmenin bir yolunu icat etti. İnsan genomuna yönelerek kâr amaçlı Celara şirketini kurdu ve ileri DNA dizme makinelerinin yapımına yardım etti. 2006'da, yapay yaşam formları yaratma araştırmaları gerçekleştirmek için kâr amacı gütmeyen J. Craig Venter Enstitüsünü kurdu.

Önemli eserleri

2001 *The Sequence of the Human Genome*
2007 *A Life Decoded*



YENİ BİR DOĞA YASASI

IAN WILMUT (1944–)

KISACA

BİLİM DALI
Biyoloji

ÖNCE
1953 James Watson ve Francis Crick, DNA'nın genetik kodu taşıyan ve kendini kopyalayabilen çift sarmal bir yapıya sahip olduğunu kanıtlar.

1958 F. C. Stewart, yetişkin (ayrıştırılmış) dokulardan havucu klonlar.

1984 Danimarkalı biyolog Steen Willadsen, genetik materyali çıkarılmış yumurta hücreleri ile embriyo hücrelerini kaynaştırmanın bir yolunu geliştirir.

SONRA
2001 Soyu tehlike altında olan ilk hayvan, Noah adlı bir yaban sığırı, ABD'de klonlama yöntemiyle doğar. İki gün sonra dizanteriden ölür.

2008 Sağaltıcı doku klonlamanın, farelerde Parkinson hastalığını tedavi etmede etkili olduğu kanıtlanır.

Klonlama, tek bir ebeveynden yeni, genetik olarak özdeş bir organizma üretmektir. Doğada gerçekleşir; bir çilek bitkisi kol salınca ve sürgünleri bütün genlerini eşeysiz miras alınca olduğu gibi. Ne var ki, yapay klonlama karışıktır; çünkü bütün hücrelerin tam bireylerde büyüme potansiyeli yoktur ve yetişkin hücreler de isteksiz olabilir. Britanyalı biyolog F. C. Stewart 1958'de ilk kez çok hücreli bir organizmayı klonlamayı başardı; yetişkin tek bir hücreden bir havuç bitkisi yetiştirdi. Hayvanları klonlamanın daha karışık olduğu anlaşıldı.

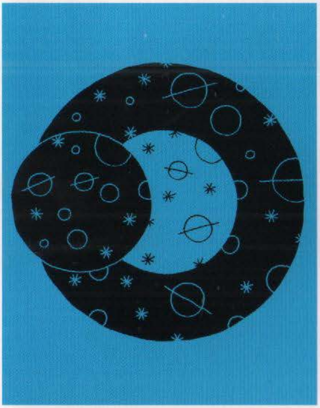
> İnsan klonlamaya yönelik baskılar güçlüdür; ama yaygınlaşacağını ya da insan yaşamının önemli bir özelliği olacağını sanmamalıyız.
> **Ian Wilmut**

Hayvanları klonlama

Hayvanlarda, genç bir embriyonun hücreleri ve döllenmiş yumurtalar, az sayıda totipotent hücreler –büyüyüp bütün bir vücut oluşturabilen hücreler– arasındadır. 1980'lerde bilim insanları genç embriyo hücrelerini ayırarak klonlar üretebiliyordu; ama zordu. Britanyalı biyolog Ian Wilmut ve ekibi, onun yerine, vücut hücrelerinin çekirdeklerini, genetik materyali çıkartılan döllenmiş yumurtalara yerleştirdi – böylece onları totipotent hale getirdi.

Çekirdek kaynağı olarak koyunların meme hücrelerini kullanan ekip, sonuçta ortaya çıkan embriyoları normal yolla gelişmesi için koyunun içine yerleştirdi. Toplam, bu hücrelerin 27.729 tanesi büyüyüp embriyoya dönüştü ve 1996'da Dolly adında biri doğdu ve yaşadı. Tarım, koruma ve tıp amaçlı klonlama araştırmaları, etiğiyle ilgili tartışmalarla birlikte, devam ediyor. ■

Ayrıca bkz. Gregor Mendel 166–71 ▪ Thomas Hunt Morgan 224–25 ▪ James Watson and Francis Crick 276–83



GÜNEŞ SİSTEMİNİN ÖTESİNDEKİ DÜNYALAR

GEOFFREY MARCY (1954–)

KISACA

BİLİM DALI
Astronomi

ÖNCE
1960'lar Astronomlar yıldızların yolundaki "yalpalamaları" ölçerek yeni gezegenler saptamayı umar; ama bu tür yalpalama hareketleri, bugün en güçlü teleskopların bir menzilinin ötesinde kalır.

1992 Polonyalı astronom Aleksander Wolszczan, Güneş sistemi dışında bir pusların (yanmış bir yıldız çekirdeği) yörüngesinde ilk doğrulanmış gezegenleri bulgular.

SONRA
2009–2013 NASA'nın Kepler uydusu, Güneş sistemi dışında, önlerinden gezegen geçen yıldızların parlaklığında ufak düşüşler arayarak 3000'den fazla gezegen adayı keşfeder. Kepler'in verilerine dayanan astronomlar, Samanyolu galaksisinde Güneş-benzeri yıldızların yörüngesinde dönen Yer-benzeri 11 milyar kadar dünya olabileceğini öngörmektedir.

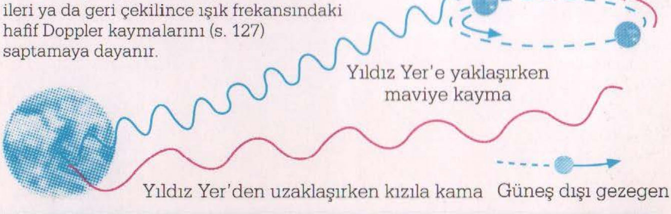
Astronomlar, Güneş sistemi dışında gezegenler olasılığını uzun süredir araştırmaktadır; ama teknoloji, yakın zamana kadar, bu tür gezegenleri saptama yeteneğimizi sınırlamaktaydı. İlk önce pulsarların –gezegenleri onları şu ya da bu yöne çekince radyo sinyalleri hafifçe değişen, hızlı dönen nötron yıldızları– yörüngesinde dönen gezegenler bulundu. Sonra 1995'te İsviçreli astronomlar Michel Mayor ve Didier Queloz, 51 Pegasi b'yi keşfetti – Yer'den yaklaşık 51 ışık yılı uzakta Güneş-benzeri bir yıldızın yörüngesinde dönen Jüpiter-büyüklüğünde bir gezegen. O zamandan beri, Güneş sistemi dışında 1000'den fazla gezegen doğrulandı.

Gezegen avcısı

California Üniversitesinde astronom Geoffrey Marcy, ekibiyle birlikte, bir insan gözlemcinin bulduğu pek çok gezegenin –ilk 100'ün 70'i dahil– kaydını tutmaktadır.

Bu tür uzak gezegenler doğrudan görülemeyecek kadar sönüktür; ama dolaylı olarak açığa çıkarılabilirler. Bir gezegenin konukçu yıldızı üzerindeki kütleçekim etkisi, yıldızın ışık frekansındaki değişikliklerle ölçülebilen radyal hızında değişiklere neden olur. Güneş sistemi dışında yaşamı destekleyen bir gezgenin var olup olmadığı henüz belli değil. ■

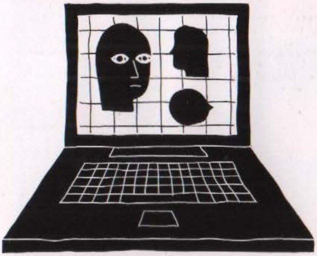
Radyal hız yöntemi, bir yıldızın etrafında dönen bir gezegenin kütleçekim tarafından ileri ya da geri çekilince ışık frekansındaki hafif Doppler kaymalarını (s. 127) saptamaya dayanır.



Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 • William Herschel 86–87 • Christian Doppler 127 • Edwin Hubble 236–41

REHBER

REHBER



Başlangıçta büyük çoğunluğu yalıtık çalışan bireylerin ya da küçük grupların çoğunlukla yarı-dinsel amaçlarla yürüttüğü bir uğraş olan bilim, modern toplumun işleyişi için merkezi önem taşıyan pratik bir faaliyete dönüştü. Bugün birçok proje, özelliği gereği yüksek işbirliğine dayanır ve belirli şahsiyetleri seçip ayırmak zor –hatta gücendirici– olabilir. Her zamankinden daha fazla araştırma alanı vardır ve disiplinlerarasındaki sınırlar silikleşiyor. Matematikçiler fizikçilerin problemlerine çözüm sunarken, fizikçiler kimyasal tepkimelerin doğasını açıklıyor; kimyacılar yaşamın gizemlerini didiklerken, biyologlar dikkatlerini yapay zekâya çeviriyor. Burada, dünyayı anlamamıza katkıda bulunmuş şahsiyetlerin yalnızca bazılarını sıralıyoruz.

PYTHAGORAS
MÖ y.570–495

Arkasında yazılı eser bırakmayan Yunan matematikçi Pythagoras'ın yaşamına ilişkin kesin çok az şey biliniyor. Yunan adası Samos'da doğdu; ama MÖ 518'den önce buradan ayrılıp Güney İtalya'da Kroton'a gitti; orada Pythagorasçılar denilen gizli bir felsefi ve dinsel dernek kurdu. Derneğin yakın çevresi kendine *mathematikoi* dedi ve gerçekliğin en derin düzeyde matematiksel olduğunu savundu. Pythagoras, şeyler arasındaki ilişkilerin sayılara indirgenebildiğine inandı ve grubu bu ilişkileri keşfetmeye koyuldu. Pythagoras bilime ve matematiğe birçok katkının arasında, titreşen tellerin armonisini inceledi ve şimdi onun adını taşıyan teoremin ilk kanıtlarını olasılıkla o sundu: Dik açılı bir üçgende hipotenüsün karesi, diğer iki kenarın karesinin toplamına eşittir.

Ayrıca bkz. Arşimet 24–25

KSENOPHANES
MÖ y.570–475

Kolophon'lu Ksenophanes, gezgin bir Yunan filozof ve şairdi. Geniş ilgi alanı, uzun gezilerinde yaptığı dikkatli gözlemlerden edindiği bilgiyi yansıtmaktaydı. Okyanusları ısıtıp bulutları yaratan güneşin enerjisini, Yerdeki fiziksel süreçlerin arkasındaki güç olarak tanımladı. Ksenophanes, gök cisimlerinin kökeninin bulut olduğunu düşündü: Yıldızlar yanan buluttu; Ay, sıkışmış buluttan oluşmaktaydı. Denizden uzak karalarda deniz yaratıklarının fosil kalıntılarını keşfedince, Yerin sırasıyla tufan ve kuraklık dönemlerinden geçtiği sonucuna vardı. Ksenophanes, doğal görüngüleri ilahi kuvvetlere başvurmadan açıklayan en eski anlatımlardan biri üretti; ama ölümünden sonraki yüzyıllarda eserleri büyük ölçüde ihmal edildi.

Ayrıca bkz. Empedokles 21 ▪ Zhang Heng 26–27

ARYABHATA
MS 476–550

Hindistan'ın Gupta imparatorluğunda bir öğrenim merkezi olan Kusumapura'da çalışan Hindistanlı matematikçi ve astronom Aryabhata, daha sonra Müslüman bilginler arasında oldukça nüfuzlu olacak kısa risaleler yazdı. 23 yaşındayken yazdığı manzum *Arabhatiya*, aritmetik, cebir, trigonometri ve astronomi üzerine bölümler barındırır. Pi sayısını (π, bir çemberin çevresinin çapına oranı) 3, 1416 olarak – dördüncü ondalık basamağa kadar doğru– ve Yerin çevresini 39. 968 km olarak –şimdi kabul edilen 40.075 km'ye çok yakın– olarak verir. Aryabhata yıldızların görünen hareketinin Yerin dönüşünden kaynaklandığını ve gezegenlerin yörüngelerinin elips olduğunu da öne sürdü; ama anlaşılan, günmerkezli bir güneş sistemi önermemiş.

Ayrıca bkz. Nicolaus Copernicus 34–39 ▪ Johannes Kepler 40–41

BRAHMAGUPTA
598–670

Hindistanlı matematikçi ve astronom Brahmagupta sayı sistemine sıfır kavramını soktu ve bir sayıyı kendisinden çıkarmanın sonucu olarak tanımladı. Negatif sayılarla işlem yapmak için aritmetik kuralları da ayrıntılandırdı. Büyük eserini 628'de Gurjara-Pratihara hanedanının başkenti Bhillamala'da yaşarken ve çalışırken yazdı. *Brahma-sphuta-siddhanta* (*Brahma'nın Doğru Eseri*) adlı eser matematiksel simgeler içermiyordu, ama ikinci dereceden denklemleri çözmenin bir aracı olan karesel formüllerin tam bir tasfirini kapsamaktaydı. Sonraki yüzyılda eser Bağdat'ta Arapçaya çevrildi ve daha sonraki Arap bilim insanlarını büyük ölçüde etkiledi.
Ayrıca bkz. Alhazen 28–29

CÂBİR BİN HAYYÂN
y.722–y.815

İranlı simyacı Cabir bin Hayyan pratik, deneyci bir bilim insanıydı; diğer şeylerin yanı sıra, alaşım hazırlamanin, metalleri test etmenin ve kesimli damıtmanın ayrıntılı yöntemlerini açıkladı. Neredeyse 3000 farklı kitap Cabir'e atfedilmiştir; ama çoğu, olasılıkla ölümünden sonraki yüzyılda yazıldı. Ortaçağda Avrupa'da Cabir'in çok az eseri bilinmekteydi; ama ona atfedilen bir eser, *Summa Perfectionis Magisterii*, 13. yüzyılda çıktı. Avrupa'da simya üzerine en ünlü kitap haline geldi; ama olasılıkla, Fransisken keşiş Taranto'lu Paul tarafından yazıldı. O zamanlar, bir yazarın kendisinden önceki bir ünlünün adını benimsemesi çok yaygındı.
Ayrıca bkz. John Dalton 112–13

İBN SİNA
980–1037

İranlı hekim Ebu Ali el-Hüseyin bin Abdullah bin Sina, 10 yaşında hafız olan dahi bir çocuktu. Matematik, mantık, astronomi, fizik, simya ve müzik üzerine yazılar yazdı ve iki büyük eser çıkardı: Büyük bir bilim ansiklopedisi olan *Kitabü'ş-Şifa* ve 17. yüzyıla kadar üniversite ders kitabı olarak kullanımda kalan *el-Kanun fi't-Tıb*. İbn Sina yalnızca tıbbi tedavileri değil, egzersizin, masajın, diyetin ve uykunun önemini vurgulayarak sağlıklı kalmanın yollarını da açıkladı. Bir siyasal kargaşa döneminde yaşadı ve sürekli yer değiştirme ihtiyacı, çalışmalarını sıkça kesintiye uğrattı.
Ayrıca bkz. Louis Pasteur 156–59

AMBROISE PARÉ
y. 1510–1590

Ambroise Paré 30 yıl Fransız ordusunda askeri cerrah olarak çalıştı; bu süre içinde, kol ya da bacak kesildikten sonra damarları bağlamak için ligatür kullanmak da dahil, çok sayıda yeni teknik geliştirdi. Anatomiyi inceledi, yapay kol ve bacak geliştirdi ve "hayalet bacak" olarak bilinen, bir bacak kesildikten sonra hastanın hissettiği durumun ilk tıbbi açıklamalarından birini üretti. Altın, gümüş, porselen ve camdan yapay göz de yaptı. Paré şiddet sonucu ölen insanların iç organlarını inceledi ve ilk adli tıp raporlarını yazıp, modern adli patolojinin başlangıcına işaret etti. Paré'nin çalışmaları, cerrahların daha önce düşük olan toplumsal statüsünü yükseltti ve dört Fransız kralının özel cerrahlığını yaptı. Tekniklerini ayrıntılı anlatan kitabı *Les Oeuvres* 1575'te yayımlandı.
Ayrıca bkz. Robert Hooke 54

WILLIAM HARVEY
1578–1657

İngiliz hekim William Harvey kan dolaşımının ilk doğru açıklamasını yapıp, kalbin pompaladığı tek sistemle vücutta hızla aktığını gösterdi. Daha önce iki kan sisteminin olduğu sanılıyordu: Toplardamarlar karaciğerden besinle dolu mor kan taşırken, atardamarlar akciğerden "yaşam veren" kırmızı kan taşıyordu. Harvey kan akışını sayısız deneyle gösterdi ve çeşitli hayvanların kalp atışlarını inceledi. Ne var ki, Descartes'ın mekanik felsefesine karşıydı ve kanın kendine ait bir yaşam gücü olduğuna inandı. Başlangıçta karşı çıkılan Harvey'in kan dolaşımı teorisi, öldüğü sırada yaygın kabul görmekteydi. Geç 17. yüzyılda yeni mikroskopların altında atardamarları toplardamarlara bağlayan küçük kılcal damarlar keşfedildi.
Ayrıca bkz. Robert Hooke 54 ▪ Antonie van Leeuwenhoek 56–57

MARIN MERSENNE
1588–1648

Fransız keşiş Marin Mersenne bugün en çok asal sayılar üzerine çalışmasıyla hatırlanır; 2^n-1 asal sayı ise, n'in de asal sayı olması gerektiğini gösterdi. Birçok bilimsel alanda kapsamlı araştırmalar yaptı; armoni alanında, gerili bir telin titreşim frekansını yöneten yasaları ortaya çıkardı. Mersenne Paris'te

yaşadı, René Descartes'la işbirliği yaptı ve eserlerini Fransızcaya çevirdiği Galileo'ya uzun uzadıya yazıştı. Bilimsel anlayışın anahtarı olarak deneyi güçlü bir biçimde savundu, doğru veri ihtiyacını vurguladı ve birçok çağdaşını titizlikten yoksun olmakla eleştirdi. 1635'te bütün Avrupa'da 100'den fazla üyesi olan özel bir bilim derneği olan Académie Parisienne'yi kurdu -dernek daha sora Fransız Bilimler Akademisi olacaktı.
Ayrıca bkz. Galileo Galilei 42–43

RENÉ DESCARTES
1596–1650

Fransız filozof René Descartes, 17. yüzyılın Bilimsel Devriminde anahtar figürdü; bütün Avrupa'yı dolaştı ve o zamanın önde gelen birçok şahsiyetiyle birlikte çalıştı. Avrupalı bilim insanlarının, doğru varsayılan bilgiye tam bir kuşkuculukla bakarak Aristoteles'in ampirik-olmayan yaklaşımının üstesinden gelmelerine yardımcı oldu. Descartes, matematiğe dayalı dört çatallı bir bilimsel araştırma yöntemi üretti: aşikâr olmadıkça hiçbir şeyi doğru kabul etme; problemleri en basit parçalarına ayır; problemleri basitten karmaşığa giderek çöz ve son olarak sonuçlarını denetle. Uzaydaki noktaları sayılarla ifade etmek için Kartezyen koordinat –x, *y* ve *z* eksenli– sistemini geliştirdi. Bu sistem şekillerin sayı olarak ifade edilmesine, sayıların şekil olarak ifade edilmesine olanak sağlayıp, matematiğin analitik geometri alanını kurdu.
Ayrıca bkz. Galileo Galilei 42–43 ▪ Francis Bacon 45

HENNIG BRAND
y.1630–y.1710

Alman kimyacı Hennig Brand'ın erken yaşamıyla ilgili fazla bir şey bilinmiyor. Utuz Yıl Savaşlarında savaştığını ve ordudan ayrılınca kendini simyaya verip, adi metali altına dönüştürecek felsefe taşını aramaya koyulduğunu biliyoruz. 1669'da Brand, kaynatılıp suyu çektirilen idrar kalıntılarını ısıtarak mumsu, beyaz bir madde elde etti. Brand maddeye, karanlıkta ışıldadığı için "phosphorus" (fosfor, ışık taşıyan) dedi. Fosfor yüksek tepkinlidir ve Yerde serbest element olarak bulunmaz; bu, böyle bir elementin ilk kez yalıtıldığının işaretiydi. Brand yöntemini gizli tuttu; ama 1680'de Robert Boyle ondan bağımsız olarak fosforu keşfetti.
Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49

GOTTFRIED LEIBNIZ
1646–1716

Alman Gottrdied Leibniz, Leipzig Üniversitesinde hukuk okudu. Descartes, Bacon ve Galileo'nun düşüncelerini keşfetikçe bilime ilgisi arttı; ömür boyu süren bütün insan bilgisini harmanlama arayışı başladı. Daha sonra Paris'te Christian Huygens'ten matematik dersleri aldı ve bilimin gelişmesinde önemli olduğu anlaşılacak kalkülüsü –değişim hızlarını hesaplamanın matematiksel bir yolu– burada geliştirmeye başladı. Kalkülüsü, yazıştığı ve daha sonra bozuştuğu Isaac Newton'la aynı zamanda geliştirdi. Leibniz bilimsel araştırmayı aktif bir biçimde teşvik etti, bütün Avrupa'da 600'den fazla bilim insanıyla yazıştı ve Berlin, Dresden, Viyana ve St. Petersburg'da akademiler kurdu.
Ayrıca bkz. Christiaan Huygens 50–51 ▪ Isaac Newton 62–69

DENIS PAPIN
1647–1712

Fransa doğumlu İngiliz fizikçi ve mucit Denis Papin, gençken, hava ve basınçla ilgili deneylerinde Christian Huygens'in ve Robert Boyle'un asistanlığını yaptı ve 1679'da düdüklü tencereyi icat etti. Tenceredeki buharın kapağı kaldırma eğilimini gözlemleyen Papin, bir silindirin içindeki pistonu itmek için buhar kullanma düşüncesine ulaştı ve bir buhar makinesinin ilk tasarımını yaptı. Papin'en kendisi buhar makinesi yapmadı; ama 1709'da buharlı gemilerde kürek yerine çark kullanmanın pratikliğini gösteren bir çark inşa etti.
Ayrıca bkz. Robert Boyle 46–49 ▪ Christiaan Huygens 50–51 ▪ Joseph Black 76–77

STEPHEN HALES
1677–1761

İngiliz din adamı Stephen Hales, bitki fizyolojisi üzerine bir dizi öncü deney gerçekleştirdi. Terleme denilen bir süreçte bitki yapraklarının saldığı su buharını ölçtü ve bu durum onu, terlemenin, köklerden bütün bitkiye çözünük besin taşıyan bir sıvı akışı sağladığını keşfetmesine yol açtı. Özsu, köklerdeki yüksek basınç alanından, su buharının sızıp ortaya çıktığı alçak basınç alanlarına hareket eder. Hales vardığı sonuçları 1727'de *Vegetable Staticks* kitabında yayımladı. Ayrıca, hayvanlarda, özellikle

köpeklerde kapsamla deneyler gerçekleştirip, ilk kez kan basıncını ölçtü. Hales, kimyasal tepkimeler sırasında çıkan gazları toplamak için kullanılan gaz haznesini de icat etti.
Ayrıca bkz. Joseph Priestley 82–83 ▪ Jan Ingenhousz 85

DANIEL BERNOULLI
1700–1782

Daniel Bernoulli, İsviçreli matematikçi bir ailenin herhalde en yeteneklisiydi –amcası Jakob ve babası Johann, kalkülüsün gelişmesine önemli katkılarda bulundu. 1738'de akışkanların özelliklerini incelediği *Hydrodynamica*'yı yayımladı. Bernoulli ilkesini formüle etti; bu ilkeye göre, bir akışkanın hızı arttıkça basıncı düşer. Bir uçağın kanatlarının nasıl kaldırma kuvveti ürettiğini anlamanın anahtarı bu ilkedir. Hareket eden bir akışkanın, enerjinin kurunumu ilkesini ihlal etmemek için basıncının bir kısmını kinetik enerjiyle çevirmesi gerektiğini anladı. Bernoulli matematik ve fiziğin yanı sıra, astronomi, biyoloji ve oşinografi alanında da araştırmalar yaptı.
Ayrıca bkz. Joseph Black 76–77 ▪ Henry Cavendish 78–79 ▪ Joseph Priestley 82–83 ▪ James Joule 138 ▪ Ludwig Boltzmann 139

GEORGES-LOUIS LECLERC, COMTE DE BUFFON
1707–1788

Fransız aristokrat ve doğa bilimci Comte de Buffon 1749'dan ömrünün sonuna kadar, anıtsal eseri *Histoire Naturelle* (*Doğal Tarih*) üzerinde çalıştı. Amacı, doğa tarihi ve jeoloji alanlarında bütün bilgiyi harmanlamaktı. 44 cildi bulan ansiklopedi, ölümünden 16 yıl sonra asistanları tarafından tamamlandı. Buffon, Yerin jeolojik bir tarihini inşa etti; daha önce sanılandan daha yaşlı olduğunu öne sürdü. Soyu tükenen türlerin haritasını çıkardı ve Charles Darwin'den bir yüzyıl önce insanların ve maymunların ortak bir atası düşüncesini öne sürdü.
Ayrıca bkz. Carl Linnaeus 74–75 ▪ James Hutton 96–101 ▪ Charles Darwin 142–49

GILBERT WHITE
1720–1793

Britanyalı papaz Gilbert White, Selborne'un küçük Hampshire köyünde sakin bir hayat yaşayan bekâr bir rahipti. 1789'da çıkardığı kitabı *The Natural History and Antiquities of Selborne*, arkadaşlarına yazılan mektupların bir derlemesiydi. Mektuplarında White, sistemetik doğa gözlemlerini kaydetti ve canlıların iç ilişkileriyle ilgili düşüncelerini geliştirdi. Aslında ilk ekolojistti. White, şimdi bizim ekosistem dediğimiz şeyde bütün canlıların oynayacak bir rolü olduğunu anladı; yer solucanlarının "bitki örtüsünün büyük destekçileri gibi" göründüklerini, "onlarsız ağır aksak gelişeceklerini" not etti. White'ın yöntemeleri, yıllarca aynı yerde kayıt tutmak da dahil, sonraki biyologların üzerinde oldukça etkili oldu.
Ayrıca bkz. Alexander von Humboldt 130–35 ▪ James Lovelock 315

NICÉPHORE NIEPCE
1765–1833

Fransız mucit Nicéphore Niepce'nin 1825'te Saint-Loup-de-Varennes'teki yurtluğunun etrafındaki binaların çektiği fotoğrafı, varlığını sürdüren en eski fotoğraftır. Niepce, bir karanlık odanın arkasına yansıyan görüntüyü sabitlemenin bir tekniğini bulmak için yıllardır deneyler yapıyordu. 1816'da gümüş klorürle kaplı kâğıt kullanarak negatif bir görüntü elde etti; ama gün ışığına tutunca görüntü kayboldu. Sonra 1822 civarında, heliyografi dediği ve bitümle kaplı cam ya da metal bir levha kullanan bir işlemle ortaya çıktı. Bitüm ışığa maruz kalınca sertleşmekteydi ve levha lavanta yağıyla yıkanınca, geriye yalnızca sertleşmiş alanlar kalmaktaydı. Görüntüyü sabitlemek sekiz saat alıyordu. Niepce ömrünün sonuna doğru, işlemi iyileştirmenin yolları konusunda Louis Daguerre ile işbirliği yaptı.
Ayrıca bkz. Alhazen 28–29

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE
1775–1836

1820'de Hans Christian Ørsted'in elektrik ile manyetizma arasındaki bağlantıyı tesadüfen keşfettiğini duyan Fransız fizikçi André-Marie Ampère, ikisinin ilişkisini açıklayan matematiksel ve fiziksel bir teoriyi formüle etmeye koyuldu. Süreç içinde, manyetik bir alanın onu üreten elektrik akımıyla matematiksel ilişkisini ifade eden Ampère yasasını formüle etti. Ampère ulaştığı sonuçları 1827'de yayımladı ve eşsiz bir biçimde deneyimden çıkarsanan kitabı *Memoir on the Mathematical*

Theory of Electrodynamic Phenomena, bu yeni bilim alanına bir ad verdi – elektrodinamik. Standart elektrik akımı birimi amper, adını ondan alır.
Ayrıca bkz. Hans Christian Ørsted 120 ▪ Michael Faraday 121

LOUIS DAGUERRE
1787–1851

İlk pratik fotoğraf tabını, Fransız ressam ve fizikçi Louis Daguerre icat etti. 1826'dan itibaren Daguerre, Nicéphore Niepce ile birlikte heliyografik tab üzerinde çalıştı, ama bu en az sekiz saat pozlandırmayı gerektiriyordu. 1833'te Niepce'in ölümünden sonra Daguerre, iyotlu gümüş bir levha üzerindeki görüntünün cıva buharıyla banyo edildiği ve tuzlu suyla sabitlendiği bir işlem geliştirdi. Bu işlem, gerekli pozlandırma zamanını 20 dakikaya indirip, fotoğraf çekmeyi insanlar için ilk kez pratik hale getirdi. Daguerre, daguerreotype dediği yönteminin tam bir açıklamasını 1839'da yazdı ve kendisine bir servet kazandırdı.
Ayrıca bkz. Alhazen 28–29

AUGUSTIN FRESNEL
1788–1827

Fransız mühendis ve fizikçi Augustin Fresnel, en çok Fresnel merceklerinin mucidi olarak tanınır; mercekleri deniz feneri ışığının daha uzak mesafelerden görünmesini olanaklı kıldı. Mektuplaştığı Thomas Young'ın çift-yarık deneylerine dayanarak, ışığın davranışını inceledi. Fresnel optik konusunda önemli teorik çalışmalar yaptı; ışığın bir ortamdan diğerine geçerken nasıl kırıldığını ya da yansıdığını açıklayan bir takım denklem üretti. Çalışmalarının büyük bölümünün önemi, ancak öldükten sonra takdir edildi.
Ayrıca bkz. Alhazen 28–29 ▪ Christiaan Huygens 50–51 ▪ Thomas Young 110–11

CHARLES BABBAGE
1791–1871

Britanyalı matematikçi ilk dijital bilgisayarı tasavvur etti. Basılan matematiksel cetvellerdeki yanlışların sayısına şaşıran Babbage, cetvelleri otomatik olarak hesaplayan bir makine tasarladı ve 1823'te makineyi yapmak için mühendis Joseph Clement'i işe aldı. "Fark Makinesi" pirinç dişlilerden oluşan zarif bir mekanizma olacaktı; ama Babbage, parası ve enerjisi bittiği için ancak bir prototipini yapabildi. 1991'de Londra Bilim Müzesinde bilim insanları, Babbage'ın zamanında bulunan teknolojiyi kullanarak onun tarifine uygun bir Fark Makinesi yaptı; bir iki dakika sonra sıkışma eğiliminde olmasına rağmen, çalıştı. Babbage, delikli kartlardaki talimatları alan, verileri bir "depo"da tutan ve "karışık" hesaplamalar yapan ve sonuçların yazılı çıktısını veren, buharla çalışan bir "Analitik Makine" de düşledi. Bu, modern anlamda gerçek bir bilgisayar olabilirdi. Koruması altına altığı Ada Lavelace (şair Lord Byron'ın kızı) makinenin programlarını yazdı ve dünyanın ilk bilgisayar programcısı denildi. Ne var ki, Analitik Makine projesi hayata geçirilemedi.
Ayrıca bkz. Alan Turing 252–53

SADI CARNOT
1796–1832

Nicolas-Léonard-Sadi Carnot Fransız ordusunda subaydı; 1819'da yarım maaşla yarı emekliye ayrılıp Paris'e döndü ve kendini bilime verdi. Fransa'nın Sanayi Devriminde Britanya'yı yakalamasını umut eden Carnot, buhar makineleri tasarlamaya ve yapmaya koyuldu. Araştırmaları 1824'te tek kitabı *Reflections on the Move Power of Fire*'ın yayınlanmasına yol açtı; bu kitapta, bir buhar makinesinin verimliliğinin esas olarak makinenin sıcak parçaları ile soğuk parçaları arasındaki sıcaklık farkına bağlı olduğunu belirtti. Termodinamik üzerine bu öncü çalışma daha sonra Almanya'da Rudolf Clausius, Britanya'da William Thomson ve Lord Kelvin tarafından geliştirildi; ama Carnot sağken, büyük ölçüde göz ardı edildi. 36 yaşında bir kolera salgınında görece kendi halinde öldü.
Ayrıca bkz. Joseph Fourier 122 ▪ James Joule 138

JEAN-DANIEL COLLADON
1802–1893

İsviçreli fizikçi Jean-Daniel Colladon ışığın bir tüp içinde toptan iç yansımayla tutulabildiğini, kavisli bir yol almasını olanaklı kıldığını kanıtladı – modern optik liflerin arkasındaki temel ilke. Cenevre Gölü'nde gerçekleştirilen deneylerde Colladon, sesin suyun içinde havada olduğundan dört kat daha hızlı yol aldığını gösterdi. Suyun

içinde 50 km uzağa ses iletti ve bu yöntemin, Manş Denizi üzerinde iletişim kurmanın bir aracı olarak kullanılmasını önerdi. Suyun sıkıştırılabilirliğini araştırarak, hidrolik alanında da önemli çalışmalar yapdı.
Ayrıca bkz. Léon Foucault 136–37

JUSTUS VON LIEBIG
1803–1873

Almanya'da Darmstadt'ta bir kimyasal ürün imalatçısının oğlu olan Justus von Liebig ilk kimya deneylerini, çocukken babasının laboratuvarında gerçekleştirdi. Büyüyüp karizmatik bir kimya profesörü oldu; laboratuvara dayalı öğretme yöntemleri çok etkili oldu. Von Liebig bitkilerin büyümesinde nitratın önemini keşfetti ve ilk sınai gübreleri geliştirdi. Besin kimyasıyla da ilgilendi ve et özü çıkarmak için bir imalat süreci geliştirdi. Kurduğu şirket, Liebig Et Özü Şirketi, daha sora Oxo marka et suyu tabletleri üretecekti.
Ayrıca bkz. Friedrich Wöhler 124–25

CLAUDE BERNARD
1813–1878

Fransız fizyolog Claude Bernard deneysel tıpta bir öncüydü. Vücudun iç düzenini inceleyen ilk bilim insanıydı ve çalışması, modern homeostaz –dış ortam değişirken vücudun istikrarlı bir iç ortamı sürdürme mekanizması– kavramına yol açacaktı. Bernard sindiriminde pankreasın ve karaciğerin rolünü araştırdı ve kimyasalların nasıl parçalanıp daha basit maddelere ayrıldıklarını, sonra tekrar vücut dokularını meydana getirmek için gerekli karmaşık moleküllere dönüştüklerini açıkladı. Önemli eseri, *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*, 1865'te yayımlandı.
Ayrıca bkz. Louis Pasteur 156–59

WILLIAM THOMSON
1824–1907

Belfast'ta doğan fizikçi William Thomson 22 yaşında Glasgow Üniversitesinde doğa felsefesi profesörü oldu. 1892'de soyluluk unvanı verildi ve Glosgow Üniversitesinin ortasından geçen ırmağa izafeten, Baron Kelvin adını aldı. Kelvin fiziksel değişimi esasında enerjide bir değişim olarak gördü ve çalışması, fiziğin birçok alanının sentezini üretti. Termodinamiğin ikinci yasasını geliştirdi ve "mutlak sıfır"ın, –273,15°C'de her türlü moleküler hareketin durduğu sıcaklığın doğru değerini saptadı. Mutlak sıfırı 0 alan Kelvin ölçeği, onun adını taşır. Zayıf telgraf sinyallerini alan aynalı galvanometreyi icat etti ve 1866'da Atlantik ötesine kablo döşeme işini yönetti. Gelişmiş bir gemici pusulası ve gelgiti öngören bir makine de icat etti. Lord Kelvin çoğu kez anlaşmazlıklara davetiye çıkardı; Darwin'in evrim teorisini kabul etmedi ve cüretli açıklamalarda bulundu – 1903'te Wright kardeşler ilk uçuşlarını yapmadan bir yıl önce ilan ettiği "hiçbir uçak pratik olarak asla başarılı olamaz" öngörüsü de dahil. Bununla birlikte, Lord Kelvin'e mal edilen ve "artık fizikte keşfedilecek yeni bir şey yoktur" diyen açıklamanın uydurma olduğu neredeyse kesindir.
Ayrıca bkz. James Joule 138 • Ludwig Boltzmann 139 • Ernest Rutherford 206–213

JOHANNES VAN DER WAALS
1837–1923

Hollandalı fizikçi Johannes van der Waals, 1873'teki doktora teziyle termodinamik alanına önemli bir katkı yaptı; tezinde, sıvı hal ile gaz hali arasında moleküler düzeyde bir süreklilik olduğunu gösterdi. Van der Waals maddenin bu iki halinin birbirine karıştığını göstermenin yanı sıra, öz olarak aynı mahiyette kabul edilmesi gerektiğini de gösterdi. Moleküller arasında, şimdi van der Waals kuvvetleri denilen ve kimyasalların çözünürlük gibi özelliklerini açıklayan kuvvetlerin varlığını ortaya koydu.
Ayrıca bkz. James Joule 138 • Ludwig Boltzmann 139 • August Kekulé 160–65 • Linus Pauling 254–59

ÉDOUARD BRANLY
1844–1940

Paris Katolik Enstitüsünde fizik profesörü olan Éduard Branly, kablosuz telgrafın bir öncüsüydü. 1890'da Branly kohereri olarak bilinen bir radyo cihazı icat etti. Cihaz, içinde hafif aralıklı iki elektrot ve elektrotların arasındaki boşlukta metal talaşı bulunan bir tüptü. Cihaza bir radyo sinyali uygulanınca, metal talaşların direnci azalıyor ve bir elektrik akımının elektrotlar arasında akmasına izin veriyordu. Branly'nin icadı daha sonra İtalyan Guglielmo Marconi tarafından radyo iletişimi deneylerinde ve daha duyarlı detektörlerin geliştirildiği 1910'a kadar telgrafta yaygın kullanıldı.
Ayrıca bkz. Alessandro Volta 90–95 • Michael Faraday 121

İVAN PAVLOV
1849–1936

Bir papazın oğlu olan Rus İvan Pavlov babasının izinden gitme planlarını bırakıp, St. Petersburg Üniversitesinde kimya ve fizyoloji okudu. 1890'larda Pavlov köpeklerde salyayı araştırdı; yanında yiyecek olmasa bile odaya girdiği her seferinde köpeklerin salya akıttığını fark etti. Pavlov bunun öğrenilmiş bir davranış olması gerektiğini anladı ve "şartlı refleks" dediği konuda 30 yıllık deneylerine başladı. Bir deneyde, köpeklere yiyecek verdiği her seferide bir zil çaldı. Bir öğrenme (şartlanma) döneminden sonra, köpeklerin zilin sesini duyunca salya akıttıklarını bulguladı. Bu çalışmayla Pavlov, bugünkü fizyologlar açıklamalarını aşırı basit görmesine rağmen, davranışın bilimsel incelenmesinin temelini attı.
Ayrıca bkz. Konrad Lorenz 249

HENRI MOISSAN
1852–1907

Fransız kimyacı Henri Moisson, bir potasyum hidrojen diflorür çözeltisini elektrolize ederek ürettiği flor elementini yalıtma çalışmasından ötürü 1906 Nobel Kimya Ödülünü aldı. Moisson çözeltiyi −50°C'ye kadar soğutunca, negatif elektrotta saf hidrojen ve pozitif elektrotta saf flor ortaya çıktı. Moisson 3500°C'lik bir sıcaklığa ulaşabilen bir elektrik-ark fırını da geliştirdi ve yapay elmas sentezleme girişimlerinde kullandı. Başarılı olamadı; ama yüksek sıcaklıklarda yüksek basınç altında karbondan elmas yapılabileceğine ilişkin teorisinin doğruluğu daha sonra kanıtlandı.
Ayrıca bkz. Humphry Davy 114 ▪ Leo Baekeland 140–41

FRITZ HABER
1868–1934

Alman kimyacı Fritz Haber'in bilimsel mirası karışıktır. Olumlu tarafta Haber ve meslektaşı Carl Bosch, hidrojen ve atmosfer nitrojeninden amonyak (NH_3) sentezleme işlemini geliştirdi. Amonyak yapay gübrelerin temel bir bileşenidir ve Haber-Bosch işlemi, gıda üretimini büyük ölçüde arttıran yapay gübrelerin sınai üretimine olanak sağladı. Olumsuz tarafta, Haber siper savaşında kullanılmak üzere klor gazını ve diğer öldürücü gazları geliştirdi ve I. Dünya Savaşında savaş alanlarında kullanılmasını şahsen yönetti. Kendisi gibi kimyacı olan karısı Clara, Ypres'te klor gazı kullanılmasına kocası bulaştığı için 1915'te intihar etti.
Ayrıca bkz. Friedrich Wöhler 124–25 ▪ August Kekulé 160–65

C. T. R. WILSON
1869–1959

Charles Thomson Rees Wilson, bulutlara özel ilgi duyan İskoçyalı bir meteorologdu. Araştırmalarına yardımcı olsun diye, kapalı bir odanın içindeki nemli havayı genleştirip, bulut oluşumu için gerekli aşırı doymuşluk durumu yaratmanın bir yöntemini geliştirdi. Wilson, odada toz parçacıkları var olunca bulutların çok daha kolay oluştuğunu bulguladı. Toz olmayınca, ancak havanın doygunluğu kritik bir yüksek noktayı geçince bulut oluşmaktaydı. Wilson bulutların havadaki iyonlarda (yüklü moleküller) oluştuğuna inandı. Bu teoriyi test etmek amacıya, meydana gelen iyonun bulut oluşumuna neden olup olmadığını görmek için odadan ışınım geçirdi. Işınımın arkasında yoğun bir su buharı izi bıraktığını bulguladı. Wilson'ın bulut odasının nükleer fizik araştırmalarında çok önemli olduğu anlaşıldı ve 1927'de ona Nobel Fizik Ödülünü kazandırdı. 1932'de bir bulut odası kullanılarak ilk pozitron saptandı.
Ayrıca bkz. Paul Dirac 246–47 ▪ Charles Keeling 294–95

EUGÈNE BLOCH
1878–1944

Fransız fizikçi Eugène Bloch spektroskopi alanında araştırmalar yaptı ve kuantumlu ışık düşüncesini kullanarak Albert Einstein'ın fotoelektrik etki yorumunu destekleyen kanıtlar elde etti. I. Dünya Savaşında askeri haberleşme üzerinde çalıştı ve radyo alıcıları için ilk elektronik amplifikatörleri geliştirdi. 1940'ta Vichy hükümetinin Yahudi karşıtı yasalarının kurbanı oldu ve Paris Üniversitesindeki fizik profesörlüğü görevinden atıldı. İşgal altında olmayan Güney Fransa'ya kaçtı; ama 1944'te Gestapo tarafından yakalanıp Auschwitz'e götürüldü ve orada öldürüldü.
Ayrıca bkz. Albert Einstein 214–21

MAX BORN
1882–1970

1920'lerde Alman fizikçi Max Born, Göttingen Üniversitesinde deneysel fizik profesörüyken Werner Heisenberg ve Pascual Jordan ile birlikte çalışıp, kuantum

mekaniğiyle uğraşmanın matematiksel bir aracını, matris mekaniğini formüle etti. Erwin Schrödinger aynı şeyi tarif etmek için dalga işlevi denklemini formüle edince, Schrödinger'in matematiğinin gerçek-dünya anlamını gösteren ilk kişi Born oldu –uzay-zaman süreminde özgül bir noktada bir parçacık bulma olasılığını açıklamaktaydı. 1933'te Naziler Yahudileri akademik görevlerden uzaklaştırınca, Born ailesiyle birlikte Almanya'dan ayrıldı. Britanya'ya yerleşti ve 1939'da Britanya vatandaşı oldu. 1954'te kuantum mekaniği alanındaki çalışmalarından ötürü Nobel Fizik Ödülü aldı.
Ayrıca bkz. Erwin Schrödinger 226–339 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Paul Dirac 246–47 ▪ J. Robert Oppenheimer 260–65

NIELS BOHR
1885–1962

Kuantum fiziğinin önde gelen ilk teorisyenlerinden biri olan Danimarkalı Niels Bohr'un kuantum devrimine ilk büyük katkısı, Ernest Rutherford'un atom modelini geliştirmekti. 1913'te Bohr, elektronların çekirdeğin etrafında özgül kuantumlu yörüngelere oturduğu düşüncesini ekledi. 1927'de Bohr, Werner Heisenberg'le birlikte çalışarak, kuantum görüngülerin Kopenhag yorumu olarak bilinen bir açıklamasını formüle etti. Bu yorumun merkezi kavramı, Bohr'un tamamlayıcılık ilkesiydi; buna göre bir fotonun ya da elektronun davranışı gibi fiziksel bir görüngü, onu gözlemlemek için kurulan deney ortamına bağlı olarak kendini farkı bir biçimde dışa vurabilir.
Ayrıca bkz. Ernest Rutherford 206–13 ▪ Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Werner Heisenberg 234–35 ▪ Paul Dirac 246–47

GEORGE EMIL PALADE
1912–2008

Romanyalı hücre biyologu George Emil Palade 1940'ta Bükreş Üniversitesi tıp fakültesinden mezun oldu. II. Dünya Savaşının sonunda ABD'ye göçtü ve New York'ta Rockefeller Enstitüsünde en önemli çalışmasını yürüttü. Palade yeni doku hazırlama teknikleri geliştirdi; bu teknikler, elektron mikroskobu altında hücrelerin yapısını incelemesine olanak verdi ve hücre düzeni bilgisini büyük ölçüde ilerletti. En önemli başarısı, 1950'lerde ribozomların –hücrelerin içinde, daha önce mitokondri parçaları olduğu düşünülen, ama aslında aminoasitleri özgül bir dizi halinde birbirine bağlayan, temel protein sentezi alanı olan cisimler– keşfiydi.
Ayrıca bkz. James Watson ve Francis Crick 276–83 ▪ Lynn Margulis 300–01

DAVID BOHM
1917–1992

Amerikalı teorik fizikçi David Bohn, ortodoks olmayan bir kuantum mekaniği yorumu geliştirdi. Evren'de, zaman, uzay ve bilinç olarak deneyimlediğimiz görüngülerden daha temel bir gerçeklik düzeni olan bir "saklı düzen"in varlığını kabul etti. Şöyle yazdı: "elementlerin tamamen farklı türden bir temel bağlantısı vardır; ayrı ayrı var olan maddi parçacıklarla birlikte, olağan uzay ve zaman kavramlarımız, daha derin düzenden türeyen biçimler olarak bu bağlantıdan soyutlanır." Bohm 1950'lerin başına kadar Princeton Üniversitesinde Albert Einstein'la birlikte çalıştı; sonra Marksist siyasal görüşleri ABD'yi terk etmesine neden oldu – ince Brezilya'ya, daha sonra 1961'den itibaren Birkbeck College'da fizik profesörlüğü yaptığı Londra'ya gitti.
Ayrıca bkz. Erwin Schrödinger 226–33 ▪ Hugh Everett III 284–85 ▪ Gabriele Veneziano 308–13

FREDERICK SANGER
1918–2013

Britanyalı biyokimyacı Frederick Sanger, iki kez Nobel ödülü alan (ikisi de kimya) dört bilim insanından biridir. İlk ödülünü 1958'de insülin proteinini oluşturan aminoasitlerin dizilişini belirlediği için kazandı. Sanger'in insülin üzerindeki çalışmaları, DNA'nın protein yapımını kodlama şeklini anlamanın anahtarını sundu; her proteinin eşsiz bir aminoasit dizilişi olduğunu gösterdi. Sanger ikinci ödülünü, DNA dizme çalışmalarından ötürü 1980'de aldı. Sanger'in ekibi insanın mitokondriyal DNA'sını – mitokondriler üzeride bulunan ve yalnızca anneden alınan 37 gen– dizdi. Şimdi dünyanın önde gelen genom araştırma merkezlerinden biri olan Sanger Enstitüsü, Britanya'da, Cambridgeshire'daki evinin yakınında onun onuruna kuruldu.
Ayrıca bkz. James Watson and Francis Crick 276–83 ▪ Craig Venter 324–25

MARVIN MINSKY
1927–

Amerikalı matematikçi ve bilişsel bilimci Marvin Minsky yapay zekânın ilk öncülerindendi; 1959'da Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) yapay zekâ laboratuvarının eş kurucusuydu ve meslek yaşamının geri kalan kısmını orada geçirdi. Çalışmaları nöral ağlar –deneyimle gelişebilen ve öğrenebilin yapay "beyinler"– üretmeye odaklandı. 1970'lerde Minsk ve meslektaşı Seymour Papert, yalnızca zeki olmayan parçalardan oluşan bir sistemden zekânın nasıl çıkabileceğini araştıran "Zihin Derneği" zekâ teorisini geliştirdi. Minsky yapay zekâyı, "insanlar tarafından yapılınca zekâ gerektiren işleri yapan makineler yapma bilimi" olarak tanımlar. *2001: A Space Odyssey* filminin danışmanıydı ve dünya dışı zekâ olasılığıyla ilgili kurgular yaptı.

Ayrıca bkz. Alan Turing 252–53 ▪ Donald Michie 286–91

MARTIN KARPLUS
1930–

Modern bilim giderek daha fazla, sonuçları modelleyen bilgisayarlar kullanılarak yürütülüyor. 1974'te Amerikan-Avusturyalı teorik kimyacı Martin Karplus ve meslektaşı Amerikan-İsrailli Arieh Warshel, ışığa maruz kalınca şekil değiştiren ve gözün çalışması bakımından çok önemli olan karmaşık retina molekülünün bilgisayar destekli modelini üretti. Marplus ve Warshel hem klasik fiziği hem kuantum mekaniğini kullanarak, retina molekülünde elektron davranışını modelledi. Modelleri, karmaşık kimyasal sistemleri bilgisayar destekli modellemenin doğruluğunu ve kapsamını iyileştirdi. Karplus ve Warshel bu alandaki çalışmalarından ötürü 2013 Nobel Kimya Ödülünü Britanyalı kimyacı Michael Levitt'le paylaştı.

Ayrıca bkz. Augus Kekulé 160–65 ▪ Linus Pauling 254–59

ROGER PENROSE
1931–

1969'da Britanyalı matematikçi Roger Penrose fizikçi Stephen Hawking'le birlikte çalışıp, bir kara delikte maddenin bir tekilliğe nasıl çöktüğünü gösterdi. Penrose daha sonra, bir kara deliğin etrafındaki uzay-zaman üzerinde kütleçekiminin etkilerini tarif eden matematiği ortaya çıkardı. Penrose dikkatini geniş bir konu yelpazesine çevirdi; beyinde atomaltı düzeyde etkili olan kuantum mekaniksel etkilere dayanan bir bilinç teorisi ve daha yakın zamanda, sonsuz bir döngü halinde bir evrenin ısıl ölümünün (son durum) başka bir evrenin Büyük Patlaması haline geldiği döngüsel bir kozmoloji teorisi önerdi.

Ayrıca bkz. Georges Lemaître 242–45 ▪ Subrahmanyan Chandrasekhar 248 ▪ Stephen Hawking 314

FRANÇOIS ENGLERT
1932–

2013'te Belçikalı fizikçi François Englert şimdi temel parçacıklara kütle kazandıran Higgs alanı olarak bilinen şeyi önerdiği için Nobel Fizik Ödülünü Peter Higgs'le paylaştı. Belçikalı hemşerisi Robert Brout'la birlikte çalışan Englert, "boş" uzayın maddeye kütle kazandıran bir alan içerebileceğini ilk kez 1964'te öne sürdü. Nobel Ödülü, 2012'de CERN'de Higgs bozonu –Higgs alanıyla bağlantılı parçacık– saptanınca verildi; Englert, Brout ve Higgs'in öngörüleri doğrulanmıştı. Brout 2011'de ölmüştü; bu yüzden, ölen kişilere verilmeyen Nobel Ödülünü alamadı.

Ayrıca bkz. Sheldon Glashow 292–93 ▪ Peter Higgs 298–99 ▪ Murray Gell-Mann 302–07

STEPHEN JAY GOULD
1941–2002

Amerikalı paleontolog Stephen Jay Gould'un uzmanlık alanı, Batı Hint Adaları'nda bağ salyangozlarının evrimiyle ilgiliydi; evrimin ve bilimin birçok boyutuyla ilgili yazılar yazdı. 1972'de Gould ve meslektaşı Niles Eldredge "sıçramalı denge" teorisini önerdi; bu teoriye göre, yeni türlerin evrimi Darwin'in düşündüğü gibi sürekli, tedrici bir süreç olmaktan çok, birkaç bin yıl gibi kısa dönemlerde hızlı patlamalar şeklinde gerçekleşir; patlamaları uzun istikrar dönemleri izler. İddialarını desteklemek için fosil kalıntılardan kanıtlar gösterdiler; fosillerde çeşitli organizmaların evrim örüntüsü, teorilerini desteklemektedir. 1982'de Gould belirli bir özelliğin bir nedenle aktarılabildiğini, ama sonra çok farklı bir işlev için tercih edilebildiğini tarif etmek için "eksaptasyon" [exaptation] terimini icat etti. Çalışmaları, doğal seçilimin gerçekleşme mekanizmalarıyla ilgili bilgiyi genişletti.

Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ Lynn Margulis 300–01 ▪ Michael Syvanen 318–19

RICHARD DAWKINS
1941–

Britanyalı zoolog Richard Dawkins, *Gen Bencildir* (1976'da aralarında olmak üzere, popüler bilim kitaplarıyla ünlüdür. Bu alana en önemli katkısı "geniş fenotip" kavramıdır. Bir organizmanın genotipi, genetik kodunda bulunan talimatların toplamıdır. Fenotipi, bu kodun dışavurumundan kaynaklanan şeydir. Bireysel genler bir organizmanın vücudunda farklı maddelerin sentezini kodlayabilir; fenotip ise, bu sentezin bütün sonuçlarıdır. Örneğin, bir termit tepesi, bir termitin fenotipinin parçası kabul edilebilir. Dawkins geniş fenotipi, genlerin bir sonraki kuşağa geçme şanslarını azamileştirme aracı olarak görür.
Ayrıca bkz. Charles Darwin 142–49 ▪ Lynn Margulis 300–01 ▪ Michael Syvanen 318–19

JOCELYN BELL BURNELL
1943–

1967'de, Cambridge Üniversitesinde araştırma asistanı olarak çalışan Britanyalı astronom Jocelyn Bell Burnell, uzaydan gelen tuhaf bir dizi düzenli radyo atımları keşfettiğinde, kuasarları (uzak galaktik çekirdekler) izliyordu. Birlikte çalıştığı ekip, atımlara şaka yollu LGM (Little Green Men – Küçük Yeşil İnsanlar) dedi. Daha sonra, atımların kaynağının hızlı dönen nötron yıldızları (pulsar denilen) olduğunu belirlediler. Bell'in kıdemli iki meslektaşı, pulsarların keşfinden ötürü 1974 Nobel Fizik Ödülüyle ödüllendirildi; ama Bell o sırada daha öğrenci olduğu için ödülü kaçırdı. Fred Hoyle de aralarında olmak üzere, önde gelen birçok astronom ödülün dışında tutulmasına açıkça karşı çıktı.
Ayrıca bkz. Edwin Hubble 236–41 ▪ Fred Hoyle 270

MICHAEL TURNER
1949–

Amerikalı kozmolog Michael Turner'ın araştırmaları, Büyük Patlamadan hemen sonra ne olduğunu anlamaya odaklanır. Turner'ın inancına göre, galaksilerin varlığı ve madde ile karşımadde arasındaki asimetri de dahil, bugünkü Evrenin yapısı, Büyük Patlamadan sonraki anlarda gerçekleşen ve kozmik şişme denilen hızlı ve ani genişleme sırasında meydana gelen kuantum mekaniksel dalgalanmalarla açıklanabilir. 1998'de Turner, Evrenin artan bir hızla her yöne genişlediğine ilişkin gözlemi açıklayan ve bütün uzaya yayılan varsayımsal enerjiyi tarif etmek için "kara enerji" terimini icat etti.
Ayrıca bkz. Edwin Hubble 236–41 ▪ Georges Lemaître 242–45 ▪ Fritz Zwicky 250–51

TIM BERNERS-LEE
1955–

Çok az sayıda bilim insanı, World Wide Web'i icat eden Britanyalı bilgisayar bilimcisi Tim Berners-Lee kadar gündelik yaşamı etkilemiştir. 1989'de Berners-Lee, internet üzerinden bütün dünyada paylaşılabilen bir belge ağı kurma düşüncesi aklına geldiğinde, CERN'de, Avrupa Nükleer Araştırma Örgütü, çalışıyordu. Bir yıl sonra, ilk web işlemcisini ve sunucusunu yazdı ve 1991'de CERN ilk web sitesini kurdu. Bugün Berners-Lee, hükümet denetiminden muaf, açık internet erişimi için mücadele ediyor.
Ayrıca bkz. Alan Turing 252–53

SÖZLÜK

Açısal momentum Bir nesnenin kütlesini, şeklini ve spin hızını hesaba katan dönme ölçüsü.

Alan Bir kuvvetin uzay-zamanda dağılımı; burada her noktaya bu kuvvetin için bir değer verilebilir. Kütleçekim alan, belirli bir noktada hissedilen kuvvetin kütleçekim kaynağından uzaklığın karesiyle ters orantılı olduğu bir alan örneğidir.

Alfa parçacığı Alfa bozunumu denilen bir radyoaktif bozunum sırasında yayılan, iki nötron ile iki protondan oluşan bir parçacık. Bir alfa parçacığı, bir helyum atomunun çekirdeğiyle özdeştir.

Algoritma Matematikte ve bilgisayar programlamada, mantıksal bir hesaplama yöntemi.

Alkali Suda çözünen ve asitleri nötrleştiren bir baz.

Amino asitler Amino grubunu (NH_2) ve karboksil grubunu (COOH) içeren moleküllere sahip organik kimyasallar. Proteinler amino asitlerden yapılır. Her farklı protein özgül bir amino asit dizilişi içerir.

Asit Suda çözündüğünde hidrojen iyonlarını serbest bırakan ve turnusol kâğıdını kırmızılaştıran bir kimyasal.

Atom Bir elementin, o elementin kimyasal özelliklerine sahip en küçük parçası. Atom, maddenin en küçük parçası sanılırdı; ama şimdi çok sayıda atom-altı-parçacık biliniyor.

Atom numarası Bir atomun çekirdeğindeki proton sayısı. Her elementin farklı bir atom numarası vardır.

ATP Adenozin trifosfat. Enerjiyi depolayan ve hücrelere taşıyan bir kimyasal.

Basınç Bir nesneye uygulanan sürekli kuvvet. Gazların basıncına, moleküllerin hareketi neden olur.

Baz Bir asitle tepkimeye girip su ve bir tuz meydana getiren bir kimyasal.

Belirsizlik ilkesi Kuantum mekaniğinin bir özelliği; buna göre, momentum gibi belli özellikler ne kadar doğru ölçülürse, konum gibi diğer özellikler o kadar az bilinir ve tersi.

Beta bozunumu Bir atom çekirdeğinin beta parçacıklar (elektronlar ya da pozitronlar) yaydığı bir radyoaktif bozunma biçimi.

Binişme Kuantum fiziğinde, elektron gibi bir parçacığın ölçülene kadar aynı zamanda olası bütün durumlarda var olduğuna ilişkin ilke.

Bozonlar Diğer parçacıklar arasında kuvvet taşıyan atom-altı parçacıklar.

Büyük Patlama Evrenin bir tekilliğin patlamasıyla başladığını söyleyen teori.

Çekirdek Bir atomun protonları ve nötronları içeren merkez parçası. Çekirdek, bir atomun kütlesinin neredeyse tamamını içerir.

Çoklu-evren Olası her olayın gerçekleştiği varsayımsal bir evrenler kümesi.

Dalga Uzayda yol alan, enerjiyi bir yerden başka bir yere aktaran bir salınım.

DNA Deoksiribonükleik asit. Bir kromozomda genetik bilgiyi taşıyan çift sarmal şeklinde büyük bir molekül.

Doğal seçilim Bir organizmanın çoğalma şansını artıran karakteristiklerin aktarıldığı süreç.

Dolaşıklık Kuantum fiziğinde, parçacıklar arasında, uzayda birbirlerinden ne kadar uzak olurlarsa olsunlar birindeki bir değişikliğin diğerini etkilediği bağlantı.

Doppler etkisi Bir dalganın frekansında, dalga kaynağıyla göreli devinim içinde olan bir gözlemcinin deneyimlediği değişim.

Ekoloji Canlı organizmalar ile çevreleri arasındaki ilişkileri inceleyen bilim.

Elektrik akımı Elektron ya da iyon akışı.

Elektrik yükü Atom-altı parçacıkların birbirlerini çekmelerine ya da itmelerine neden olan özellik.

Elektroliz Bir maddenin içinden elektrik akımı geçirilince meydana gelen kimyasal değişiklik.

Elektromanyetik kuvvet Doğanın dört temel kuvvetinden biri. Parçacıklar arasında foton aktarımıyla ilgilidir.

Elektromanyetik ışınım Uzayda hareket eden bir enerji biçimi. Birbirlerine dik açılarla salınan hem elektriksel hem manyetik alanı vardır. Işık, bir elektromanyetik ışınım biçimidir.

Elektron Negatif elektrik yüklü atom-altı bir parçacık.

Elektrozayıf teori Elektromanyetik ve zayıf nükleer kuvveti tek "elektrozayıf" kuvvet olarak açıklayan bir teori.

Element Kimyasal tepkimelerle başka maddelere ayrılamayan madde.

Endosimbiyoz Organizmalar arasında, bir organizmanın başka bir organizmanın vücudunun ya da hücrelerinin içinde yaşadığı karşılıklı yarar ilişkisi.

Enerji Bir nesnenin ya da sistemin iş yapma kapasitesi. Enerji birçok biçimde var olabilir, kinetik enerji (hareket) ve potansiyel enerji (örneğin bir yayda depolanan enerji) gibi. Bir biçimden diğerine dönüşebilir, ama asla yaratılamaz ya da yok edilemez.

Entropi Bir sistemin düzensizlik ölçüsü. Entropi, belirli bir sistemin düzenlenebileceği özgül yolların sayısıdır.

Etoloji Hayvan davranışını inceleyen bilim.

Evrim Türlerin zaman içinde değişme süreci.

Fermion Kütleyle bağlantılı, elektron ya da kuark gibi, atom-altı bir parçacık.

Fotoelektrik etki Işık çarpıca belli maddelerin yüzeyinden elektron yayılması.

Foton Bir yerden diğerine elektromanyetik kuvvet aktaran ışık parçacığı.

Fotosentez Bitkilerin güneş enerjisini kullanıp su ve karbondioksitten besin yapma süreci.

Fraktal Benzer şekillerin farklı ölçeklerde görülebildiği geometrik bir örüntü.

Gama bozunumu Bir atom çekirdeğinin yüksek enerjili, kısa dalgalı gama ışınları yaydığı bir radyoaktif bozunum biçimi.

Gen Canlı organizmaların temel kalıtım birimi; protein gibi kimyasaların oluşumu için şifreli talimatlar içerir.

Genel görelilik Einstein'ın hızlanan referans çerçevelerini hesaba kattığı teorik bir uzay-zaman tasviri. Genel görelilik, kütleçekim kütlenin uzay-zamanı bükmesi olarak tarif eder. Birçok öngörüsü deneysel olarak kanıtlanmıştır.

Güneş dışı gezegen Güneşimiz dışında bir yıldızın etrafında dönen gezegen.

Gün-merkezlilik (Güneş merkezli) Güneşin merkezde olduğu Evren modeli.

Hız Bir nesnenin hızının ve yönünün ölçüsü.

Hidrokarbon Molekülleri hidrojen ve karbon atomlarının olası kombinasyonlarından birini içeren kimyasal.

Higgs bozonu Higgs alanıyla bağlantılı, etkileşimiyle maddeye kütle kazandıran atom-altı parçacık.

Hücre Bir organizmanın kendi başına yaşayabilen en küçük birimi. Bakteri ve protist gibi organizmalar tek hücrelidir.

Isıl ölüm Evren olası son durumu; uzayda hiçbir sıcaklık farkı yoktur ve hiçbir iş yapılamaz.

Işınım Radyoaktif bir kaynağın yaydığı elektromanyetik dalga ya da parçacık akımı.

İvme hızın değişim hızı İvmeye, bir nesnenin yönünde ve/veya hızında değişimle yol açan bir kuvvet neden olur.

İyon Bir ya da daha fazla elektron kaybederek ya da kazanarak elektrik yüklü hale gelen bir atom ya da atom grubu.

İyonik bağ İki atom arasında, bir elektron verişiminde bulunarak iyon haline geldikleri bağ.

Kaotik sistem Zaman içindeki davranışı, başlangıç koşullarında küçük değişikliklere karşılık olarak köklü bir biçimde değişen bir sistem.

Kara cisim Üzerine düşen bütün ışınımı soğuran varsayımsal bir nesne. Bir kara cisim sıcaklığına göre enerji yayar, bu nedenle gerçekte kara görünmeyebilir.

Kara delik Uzayda ışığın çekim alanından kaçamadığı yoğun nesne.

Kara enerji Kütleçekimine karşıt yönde etkili olan, Evrenin genişlemesine neden olan, tam anlaşılmayan kuvvet. Evren'in kütle-enerjisinin yaklaşık dörtte üçü kara enerjidir.

Kara madde Görünür madde üzerindeki kütleçekimsel etkisiyle saptanabilen görünmez madde. Kara madde galaksileri bir arada tutar.

Karşı-parçacık Karşıt bir elektrik yüküne sahip olması dışında normal bir parçacıkla aynı olan parçacık. Her parçacığın eşdeğer bir karşı parçacığı vardır.

Kırılma Elektromanyetik dalgaların bir ortamdan diğerine geçerken bükümesi.

Kırınım Dalgaların engelleri dolanması ve dalgaların küçük yarıklardan geçip yayılması.

Kıtaların kayması Milyonlarca yıl içinde bütün yerkürede kıtaların yavaş hareketi.

Kızıla kayma Yerden uzaklaşan galaksilerin yaydığı ışığın Doppler etkisi nedeniyle esnemesi. Bu durum, görünür ışığın spektrumun kızıl ucuna doğru gitmesine neden olur.

Kladistik Türleri en yakın ortak atalarına göre gruplandıran bir sınıflandırma sistemi.

Klasik mekanik Newton mekaniği olarak da bilinir. Kuvvetlerin etkisi altında cisimlerin devinimini tarif eden yasalar kümesi. Klasik mekanik, ışık hızına yakın hareket etmeyen makroskopik cisimler için doğru sonuçlar verir.

Kovalent bağ İki atom arasında elektronları paylaştıkları bağ.

Kromozom Bir hücrenin genetik bilgisini içeren, DNA ve proteinden oluşan bir yapı.

Kuantum elektrodinamiği (KED) Atom-altı parçacıkların etkileşimini foton verişimi bakımından açıklayan bir teori.

Kuantum mekaniği Atom-altı parçacıkların etkileşimlerini enerji kuantumları ya da kesikli paketleri bakımından ele alan fizik dalı.

Kuark Protonları ve nötronları oluşturan atom-altı parçacık.

Kuvvet Bir nesnenin şeklini değiştiren ya da hareket ettiren itme ya da çekme.

Kütle Bir nesnenin, onu hızlandırmak için gerekli kuvvetin bir ölçüsü olan özelliği.

Kütleçekim Kütleli nesneler arasındaki çekim kuvveti. Kütlesiz fotonlar da, genel göreliliğin bir uzay-zaman bükülmesi olarak tarif ettiği kütleçekiminden etkilenir.

Leptonlar Yeğin nükleer kuvvet dışında dört temel kuvvetten etkilenen fermiyonlar.

Levha tektoniği Kıtaların kaymasını ve okyanus tabanının açılmasını inceleyen bilim.

Manyetizma Mıknatısların çekme ya da itme kuvveti. Manyetizma, manyetik alanlar ya da parçacıkların manyetik moment özelliği tarafından üretilir.

Mitokondriler Bir hücrenin içinde hücreye enerji sağlayan yapılar.

Molekül İki ya da daha fazla atomdan oluşan, kimyasal özellikleri olan bir bileşiğin en küçük birimi.

Momentum Hareket eden bir nesneyi durdurmak için gerekli kuvvetin ölçüsü. Nesnenin kütlesi ile hızının çarpımına eşittir.

Mutlak sıfır Olası en düşük sıcaklık: 0K ya da –273,15°C

Nötrino Çok küçük bir kütlesi olan, elektriksel olarak nötr bir atom-altı parçacık. Nötrinolar fark edimeden maddeden geçebilir.

Nötron Bir atomun çekirdeğinin parçasını oluşturan, elektriksel olarak nötr parçacık. Bir nötron bir yukarı-kuark ile iki aşağı-kuarktan oluşur.

Olay ufku Bir kara deliği çevreleyen sınır; burada kara deliğin kütleçekim kuvveti o kadar güçlüdür ki, ışık kaçamaz. Kara delikle ilgili hiçbir bilgi olay ufkunu geçemez.

Optik Görmeyi ve ışığın davranışını inceleme.

Organik kimya Karbon içeren bileşiklerin kimyası.

Özel görelilik Hem ışık hızının hem fizik yasalarının bütün gözlemciler için aynı olduğunu düşünmenin sonucu. Özel görelilik mutlak bir zaman ya da mutlak uzay olasılığını ortadan kaldırır.

Paralaks Bir gözlemci hareket edince birbirlerine göre farklı uzaklıklarda nesnelerin görünen hareketi.

Parçacık Maddenin hız yöneyi, konumu, kütlesi ve yükü olabilen çok küçük parçası.

Pauli dışarlama ilkesi Kuantum fiziğinde, iki fermiyonun (kütleli parçacık) uzay-zamanda aynı noktada aynı kuantum durumunda olamayacağı ilkesi.

Periyodik tablo Atom numaralarına göre dizilmiş bütün elementleri içeren tablo.

Pi (π) Bir dairenin çevresi ile çapı arasındaki oran. Kabaca 22/7 ya da 3,14159'a eşittir.

Pi bağı Kovalent bir bağ; burada iki ya da daha fazla elektronun ortibal lobları, söz konusu atomlar arasıda doğrudan değil yana doğru örtüşür.

Polarize ışık Bütün dalgaların tek bir düzlemde dalgalandığı ışık.

Polimer Monomer denilen alt-birimlerin oluşturduğu uzun zincir şeklinde molekülleri olan bir madde.

Pozitron Bir elektronun, kütlesi aynı ama pozitif elektrik yüklü kârı parçacık taydaşı.

Proton Bir atomun çekirdeğinde pozitif yüklü parçacık. Bir proton, iki yukarı-kuark ve bir aşağı kuark içerir.

Radyoaktif bozunma Kararsız atom çekirdeklerinin parçacık ya da elektromanyetik ışınım yaydığı süreç.

Renk yükü Kuarkların yeğin nükleer kuvvetten etkilenmelerini sağlayan bir özellik.

Sera gazları Yer yüzeyinin yansıttığı enerjiyi soğurarak uzaya kaçmasını engelleyen karbondioksit ve metan gibi gazlar.

Sicim teorisi Fiziğin teorik bir çerçevesi; burada nokta-benzeri parçacıkların yerini tek boyutlu sicimler alır.

Sigma bağı Elektronların orbitalleri atomların arasıda kafa kafaya geldikleri zaman oluşan kovalent bağ. Görece güçlü bir bağdır.

Solunum Organizmaların içeriye oksijen alması, besinleri parçalayıp enerjiye ve karbondioksite dönüştürmek için kullanması.

Spin Atom-altı parçacıkların, açısal momentuma benzer bir niteliği.

Standart model Parçacık fiziğinin teorik çerçevesi; içinde 12 temel fermiyon vardır – altı kuark ve altı lepton.

Tekillik Uzay-zamanda uzunluğu sıfır olan nokta.

Terleme Bitkilerin yapraklarından dışarıya su buharı verme süreci.

Termodinamik Isıyı ve ısının enerji ve işle ilişkisini ele alan fizik dalı.

Tuz Bir asit ile bir bazın tepkimesinden oluşan bir bileşik.

Tür Birbirleriyle çiftleşip doğurgan yavrular üretebilen benzer organizmaların oluşturduğu grup.

Uzay-zaman Uzayın üç boyutu ile zamanın bir boyutunun birleşip oluşturduğu tek sürem.

Üniformitaryanizm Aynı fizik yasalarının Evrenin her yerinde her zaman işlediği varsayımı.

Valans Bir atomun diğer atomlarla kurabildiği kimyasal bağların sayısı.

Vitalizm Canlı maddenin cansız maddeden temelden farklı olduğunu söyleyen öğreti. Vitalizm, yaşamın özel bir "yaşam enerjisi"ne bağlı olduğunu kabul eder. Bugün ana akım bilim tarafından reddedilmektedir.

Yeğin nükleer kuvvet Dört temel kuvvetten biri; kuarkları birbirine bağlayıp nötronları ve protonları oluşturur.

Yer-merkezlilik Merkezinde Yer olan Evren modeli.

Zar Sicim teorisinde, sıfır ile dokuz arasında boyutları olan bir nesne.

Zayıf nükleer kuvvet Dört temel kuvvetten biri; bir atom çekirdeğinin içinde etkili olur ve beta bozunumundan sorumludur.

TEŞEKKÜR

Dorling Kindersley ve Tall Tree Ltd, editöryel yardımlarından ötürü Peter Frances, Marty Jopson, Janet Mohun, Stuart Neilson ve Rupa Rao'ya; dizin için Helen Peters'e; resim araştırmaları için Priyanka Singh ve Tanvi Sahu'ya teşekkür eder. Rehber'i Rob Colson yazdı. Diğer sanat eserleri Ben Ruocco'ya ait.

FOTOĞRAFLAR

Yayınevi fotoğraflarının kullanılmasına izin verdikleri için aşağıdakilere teşekkür eder:

(Anahtar: a-yukarı; b-aşağı; c-orta; f-uzak; l-sol; r-sağ; t-üst)

25 Wikipedia: Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University (bl). **27 J D Maddy:** (bl). **Science Photo Library:** (tr). **38 Getty Images:** Time & Life Pictures (t). **39 Dreamstime.com:** Nicku (tr). **41 Dreamstime.com:** Nicku (tr). **43 Dreamstime.com:** Nicku (bl). **47 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bc). **48 Chemical Heritage Foundation:** (bl). **Getty Images:** (cr). **51 Dreamstime.com:** Nicku (bl); Theo Gottwald (tc). **54 Wikipedia:** (crb). **55 Dreamstime.com:** Matauw (cr). **56 Science Photo Library:** R W Horne / Biophoto Associates (bc). **57 US National Library of Medicine, History of Medicine Division:** Images from the History of Medicine (tr). **61 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bl); Igor3451 (tr). **65 NASA:** (br). **68 Wikipedia:** Myrabella (tl). **69 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (tr). **NASA:** Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Carnegie Institution of Washington (bl). **74 Dreamstime.com:** Isselee (crb). **75 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bl). **77 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (tr). **Getty Images:** (bl). **79 Getty Images**: (bl). **Library of Congress, Washington, DC:** (cr). **81 NOAA:** NOAA Photo Library (cr). **83 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (tr). **Wikipedia:** (bl). **85 Getty Images:** Colin Milkins / Oxford Scientific (cr). **87 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bl). **Wikipedia:** (tl). **89 Science Photo Library:** European Space Agency (tl). **92 Getty Images:** UIG via Getty Images (bl). **94 Getty Images:** UIG via Getty Images. **95 Dreamstime.com:** Nicku (tr). **99 Dreamstime.com:** Adischordantrhyme (b). **100 Dreamstime.com:** Nicku (bl). **101 Getty Images:** National Galleries Of Scotland (tr). **103 Dreamstime.com:** Deborah Hewitt (tl). **The Royal Astronomical Society of Canada:** Image courtesy of Specula Astronomica Minima (bl). **104 Dreamstime.com:** Es75 (crb). **111 Wikipedia:** (tr). **113 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bl). **Getty Images:** SSPL via Getty Images (cr). **114 Getty Images:** SSPL via Getty Images (cr). **117 Getty Images:** After Henry Thomas De La Beche / The Bridgeman Art Library (bl); English School / The Bridgeman Art Library (tr). **121 Getty Images:** Universal Images Group (cr). **123 Wikipedia:** (bl). **124 iStockphoto.com:** BrianBrownImages (cb). **125 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (tr). **129 Dreamstime.com:** Whiskybottle (bl). **Library of Congress, Washington, D.C.:** James W. Black (tr). **132 Corbis:** Stapleton Collection (bl). **135 Science Photo Library:** US Fish And Wildlife Service (tr). **Wikipedia:** (bl). **137 Wikipedia:** (bl). **138 Getty Images:** SSPL via Getty Images (crb). **141 Corbis:** Bettmann (tr). **Dreamstime.com:** Paul Koomen (cb). **145 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (bc). **146 Dreamstime.com:** Gary Hartz (bl). **147 Image courtesy of Biodiversity Heritage Library. http://www.biodiversitylibrary.org:** MBLWHOI Library, Woods Hole (tc). **148 Getty Images:** De Agostini (bl). **Wikipedia:** (tr). **149 Getty Images:** UIG via Getty Images. **152 Getty Images:** (bl). **153 NASA:** Jacques Descloitres, MODIS Rapid Response Team, NASA / GSFC (tl). **154 Getty Images:** SSPL via Getty Images (tl). **155 Dreamstime.com:** Proxorov (br). **157 Science Photo Library:** King's College London (cr). **159 Dreamstime.com:** Georgios Kollidas (tr). **164 Science Photo Library:** IBM Research (tr). **165 Dreamstime.com:** Nicku (bl). **Wikipedia:** (tr). **168 Getty Images:** (bl). **iStockphoto.com:** RichardUpshur (tr). **171 Getty Images:** Roger Viollet (tl). **172 Dreamstime.com:** Skripko Ievgen (cr). **176 Alamy Images:** Interfoto (cr). **178 iStockphoto.com:** Cerae (tr). **179 iStockphoto.com:** Popovaphoto (tr). **183 123RF.com:** Sastyphotos (br). **185 Dreamstime.com:** Nicku (tr). **187 Getty Images:** SSPL via Getty Images (clb); Time & Life Pictures (tr). **192 Getty Images:** (bl). **193 Wikipedia:** (br). **195 Dreamstime.com:** Sophie Mcaulay (b). **197 US Department of Agriculture: Electron and Confocal Microscope Unit, BARC:** (cr). **Wikipedia:** Delft University of Technology (bl). **204 NASA:** NASA / SDO (tr). **205 Getty Images:** (bl). **209 Getty Images**. **210 Getty Images:** SSPL via Getty Images (bl). **218 Bernisches Historisches Museum:** (bl). **221 Wikipedia:** (tr). **223 Wikipedia:** Bildarchiv Foto Marburg (bl). **225 US National Library of Medicine, History of Medicine Division:** Images from the History of Medicine (tr). **228 Wikipedia:** Princeton Plasma Physics Laboratory (b). **231 Getty Images:** SSPL via Getty Images (tr). **232 Getty Images:** Gamma-Keystone via Getty Images (tr). **235 Getty Images:** (tr). **238 Getty Images:** (bl). **239 Alamy Images:** WorldPhotos (tl). **240 NASA:** JPL-Caltech (br). **243 Corbis:** Bettmann (tr). **244 NASA:** WMAP Science Team (br). **245 NASA:** (tr). **247 Getty Images:** Roger Viollet (bl). **249 Wikipedia:** © Superbass/CC-BY-SA-3.0 - https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed (via Wikimedia Commons) - http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Christian_Moullec_5.jpg (cr). **251 Corbis:** Bettmann (tr). **253 Alamy Images:** Pictorial Press Ltd (tr). **259 National Library of Medicine:** (tr). **264 Wikipedia:** U.S. Department of Energy (bl). **265 USAAF. 271 123RF.com:** Kheng Ho Toh (cr). **273 Corbis:** Bettmann (tr). **278 Wikipedia:** © 2005 Lederberg and Gotschlich / Photo: Marjorie McCarty (bl). **280 Science Photo Library. 281 Alamy Images:** Pictorial Press Ltd (tc). **282 Wikipedia:** National Human Genome Research Institute. **285 Getty Images:** The Washington Post (tl). **289 Getty Images:** SSPL via Getty Images (cb). **290 University of Edinburgh:** Image from Donald Michie Web Site, used with permission of AIAI, University of Edinburgh, http://www.aiai.ed.ac.uk/~dm/donald-michie-2003.jpg (bl). **291 Corbis:** Najlah Feanny / CORBIS SABA. **292 SOHO (ESA & NASA):** (br). **293 Getty Images:** (tr). **295 National Science Foundation, USA:** (bl). **297 NASA:** NASA Langley Research Center (cb). **Science Photo Library:** Emilio Segre Visual Archives / American Institute Of Physics (tr). **299 © CERN:** (tc). **Wikipedia:** Bengt Nyman. File licensed under the Creative Commons Attribution 2.0 Generic licence: http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.en (bl). **300 Science Photo Library:** Don W. Fawcett (cb). **301 Javier Pedreira:** (tr). **305 Getty Images:** Peter Ginter / Science Faction. **307 Getty Images:** Time & Life Pictures (tr). **313 Wikipedia:** Jbourjai. **316 Dreamstime.com:** Cflorinc (cr). **319 Science Photo Library:** Torunn Berge (cr). **321 Wikipedia:** Trevor J Simmons (tr). **325 Getty Images:** (bl); UIG via Getty Images (cr).